Naturwissenschaftliche
Taschen-Bibliothek Band 7

Das
Plankton unserer Seen

Von

Hans Ammann

Prentiss
Hudnut

MBL/WHOI
0 0301 0015086 8

No. 65
2/-

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY
WOODS HOLE
LIBRARY
MASS.

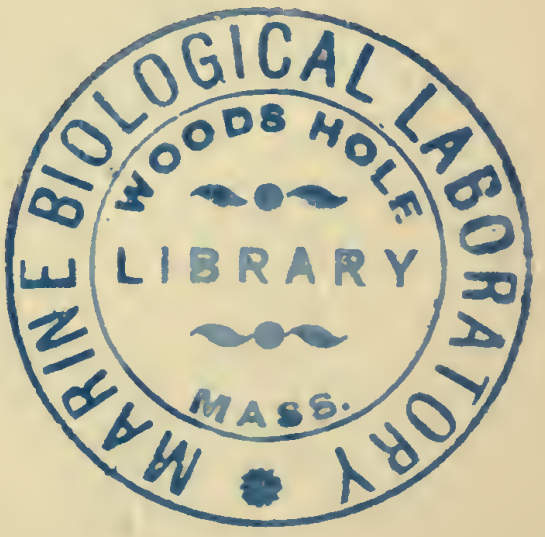
DULAU & Co LTD
37, SOHO SQ., LONDON, W.

MAYNARD M. METCALF

Naturwissenschaftliche Taschenbibliothek

---

7. Bändchen: Das Plankton unserer Seen.



Naturwissenschaftliche Taschenbibliothek

7. Bändchen:

Das Plankton unserer Seen

Wien und Leipzig.

A. Hartleben's Verlag.

Alle Rechte vorbehalten.

MAYNARD M. METCALF,

Das Plankton unserer Seen

Von

Hans Ammann

Mit vielen Abbildungen

Wien und Leipzig.
A. Hartleben's Verlag.

Alle Rechte vorbehalten.

K. u. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme, Wien.

Abb. 1. Egern am Tegernsee.

Wer einmal den Zauber eines Alpensees in ganzer Fülle genießen will, der lenke an einem lauen Sommerabend sein Boot über den südlichen Teil des blauen Tegernsees. Der tiefe Schatten des massigen Wallberges legt diesen Teil des Sees, den am Abend nur selten ein leiser Windhauch kräuselt, in majestätische Ruhe — und am Fuße des Berges, unmittelbar an den See anschließend, liegt Egern-Rottach hingegossen, wie von Künstlerhand gemalt. Unwillkürlich läßt die Hand das Ruder sinken. Und nun lispeln die kleinen Wellen, die sich kaum aufkräuseln aus weiter bewegungsloser Fläche, leise um das Boot und wiegen den andachtsvollen Lauscher in ein Gefühl der Ruhe und des Friedens. Seit dieser Zauber zum erstenmal auf mich gewirkt, kehre ich immer wieder an dieses Plätzchen zurück, denn dort ist mir der Alpensee zum Bilde des Friedens geworden.

Nun trennt mich eine beträchtliche Spanne Zeit von diesen ersten Besuchen des stillen Winkels — und inzwischen hat mir der Bergsee gar viel enthüllt. Erschien er mir erst nur als Bild des Friedens, als Hort der Ruhe, an den das Tosen des Alltagkampfes nicht reicht, so sah ich bald, daß diese äußere Ruhe über einem Reiche pulsierenden Lebens lagert, das an Kraft und Intensität seiner Äußerungen hinter dem brausenden Leben der umgebenden großen Welt nicht zurücksteht. Zögernd nur nahm ich die Worte auf: „Jeder Tropfen dieses Sees birgt Leben in tausenderlei Formen.“ Eigenes Beobachten sollte mich überzeugen. Ein feines Netzchen aus Seidengaze und vorerst eine Lupe konnten die neue Erkenntnis übermitteln. War das Netz einige Zeit durch das Wasser gezogen und der Inhalt dann in ein Glas gespült, so zeigte sich schon dem freien Auge ein Wimmeln und Durcheinanderschießen kleiner und größerer Punkte, dem man ganz befremdet gegenüberstand. Hier aus dieser bewegungslosen Wasserfläche holte uns das Netz all die hüpfenden und zappelnden Lebewesen? Die Lupe dann zeigte schon Unterschiede: neben winzigen, undefinierbaren Pünktchen bewegten sich da Lebewesen, deren Zugehörigkeit zum Tierreich gleich außer Zweifel stand. Teils langgestreckte, teils rundliche Formen mit tiefschwarzen Punkten hüpfen da durcheinander und vollführen so jenes Gewimmel im Glase, das uns im ersten Augenblick so befremdet.

Eine neue Erkenntnis ist uns so mit einem Zuge geworden: „Jeder Tropfen dieser so ruhig scheinenden Seefläche birgt Lebewesen in den verschiedensten Gestalten.“

Diese Erkenntnis weiter auszubauen, soll Zweck einer weiteren Bootfahrt sein. In der Abenddämmerung wieder ziehen wir das Gazenetz einige Meter hinter dem Boot in ruhiger Fahrt durch das Wasser und lassen nach einigen Minuten die im Ablaufgefäß an-

gesammelte Beute in das Sammelglas gleiten. In wildem Durcheinander sehen wir nun kleine und größere Wesen zappeln, und wenn wir dem Fang etwas Zeit geben, sich „abzusetzen", so erkennen wir an den größeren Formen exakte Schwimmbewegungen, bei denen sich die Tierchen wie hüpfend emporschnellen, um dann wieder etwas zurückzusinken. Die Lupe zeigt dann auch die im Verhältnis zum ganzen Körperchen gar beträchtlichen „Ausleger", mit deren Hilfe sich diese „Hüpferlinge" vorschnellen. Doch all das Chaos der übrigen durcheinanderwogenden Pünktchen vermag die Lupe noch nicht zu entwirren. Wir verlassen daher das Boot, um sogleich den Fang im Mikroskop zu betrachten. Wohl ist inzwischen die Dunkelheit hereingebrochen, so daß wir unsere Beute im künstlichen Lichte untersuchen müssen; doch haben wir die Abenddämmerung absichtlich zum Fange gewählt, weil sich da — wie wir noch sehen werden — gerade die größeren Formen dieser „Schwebewesen" an der Oberfläche befinden. Wollten wir aber die Betrachtung des gefangenen Materials auf den kommenden Morgen verschieben, so stünden wir, was die meisten Formen anlangt, toten Wesen gegenüber. Aber gerade die Betrachtung lebenden Materials ist so unendlich reizvoll und lehrreich, wie es die eingehendste Untersuchung konservierter Fänge niemals sein kann.

Vielleicht darf ich gleich hier für den Naturfreund, der sich mit den reizenden und so lehrreichen Lebewesen des Sees zu befassen beginnt, die Bemerkung anknüpfen: nichts kann das Verstehen des Lebens dieser Vertreter des Tier- und Pflanzenreiches leichter vermitteln als die aufmerksame Betrachtung lebenden Materials. Denn sobald er die lebenden Formen mit konservierten vergleicht, wird er erkennen, daß auch die beste Konservierung nur ein unvollkommenes Bild geben kann.

Kehren wir zu unserem Fang zurück! Aufs Ge-

ratewohl nehmen wir mit einer Pipette einen Tropfen aus diesem Chaos und bringen ihn auf einen Objektträger, legen unter Einschaltung kleiner Schutzleisten oder feiner Füßchen aus Wachs an den Ecken ein Deckgläschen auf und bringen nun das Ganze unters Mikroskop. Die Spannung im Tropfen, die das aufgelegte Deckgläschen hervorrief, lassen wir erst zum Ausgleich kommen, da sonst die Bewegung des Ganzen für die Betrachtung zu ungestüm wird. Ist also etwas Ruhe eingetreten, so enthüllt uns das Mikroskop die ganze Wunderwelt des Alpensees. Formen von entzückender Schönheit, teils ruhig liegend, teils in langsamem Zuge durch den Tropfen gleitend, teils wieder in hastigem Drängen dahinschießend, verwirren das Auge; und wer zum erstenmal in dieses Reich der Zwerge unter den Naturkindern blickt, hat größte Mühe, sich nur einigermaßen zurecht zu finden. Darum mag das Auge sich vorerst nur an diesen so ganz neuen Formen weiden, bis sich allmählich ganz von selbst Gestalt um Gestalt aus dem Wirrwarr ablöst und auch dem betrachtenden Geiste erkenntlich und — verständlich wird.

Haben wir dann die im Gesichtsfeld liegenden Wesen und die freibeweglichen, die inzwischen hindurchgeschwommen sind, etwas betrachtet, so verschieben wir den Objektträger und mustern nun den Tropfen durch. Eine erstaunliche Reichhaltigkeit zeigt sich da im allgemeinen! Wer hätte vermutet, daß ein einziger Tropfen — wenn auch der Fang durch das Ziehen des Netzes „konzentriert" wurde — Lebewesen in solcher Zahl birgt? Und nun diese Mannigfaltigkeit der Formen! Da fällt wohl vor allem eine Form auf, die gar oft vorhanden ist; einmal ruhig im Gesichtsfeld liegt, dann in drehender Bewegung dahingleitet. Drei oder vier lange Hörnchen stehen in charakteristischer Verteilung von einem rundlichen Körper ab, der eine deutliche Querfurche trägt. Bräunlich

schimmert dieses eigenartige Gebilde, das sich bei stärkerer Vergrößerung als geradezu kunstvolles Mosaik kleinster fester Plättchen erweist, die sich zu größeren Platten vereinigen, aus denen dann das Ganze aufgebaut ist. Mit Recht hat man diesem Wesen den Namen „Hornzellchen" (Ceratium, siehe Abb. 14) gegeben, das nun einiges aus seinem Reiche erzählen soll.

Schon die Form sagt uns, wie wunderbar diese Zelle — denn eine einzige Zelle stellt das ganze Wesen vor — für ihre Lebensbedingungen eingerichtet ist. Sie ist ja selbst spezifisch schwerer als das Wasser, und doch hat uns das Netz diese Form von der Oberfläche des Sees weggeholt. Wie wird sie also getragen?

Um die Frage zu beantworten, verlassen wir für einen Augenblick das Mikroskop, um einen kleinen Versuch auszuführen: in eine breite, mit Wasser gefüllte Schüssel legen wir eine trockene Nähnadel. Trotz ihres hohen spezifischen Gewichtes sinkt sie nicht unter, und wenn wir etwas schräg gegen die Oberfläche blicken, sehen wir, wie sich an der Berührungsfläche zwischen Nadel und Wasser eine eigenartige Wölbung zeigt: durch eine Art Spannung, die sich bei der Berührung beider Oberflächen bildet, wird die Nadel am Untersinken gehindert. Da wird uns nun mit einem Male klar, was diese Hörnchen an der Außenseite des „Hornzellchens" für eine wichtige Aufgabe haben: sie machen die Oberflächenspannung diesen winzigen Wesen dienstbar. Wer hätte gedacht, daß diese an sich schon so schöne Form uns sagen kann, warum man all diesen Wesen den Namen „Schwebewesen" gab, der ja im Grunde genommen dasselbe sagt, wie der häufigere Name „Plankton". Und wie wir noch darüber nachsinnen, wirbelt ein Wesen ins Gesichtsfeld herein, an Größe dem Ceratium bedeutend überlegen, mit einem mächtigen Dreizack voran, als wollte es

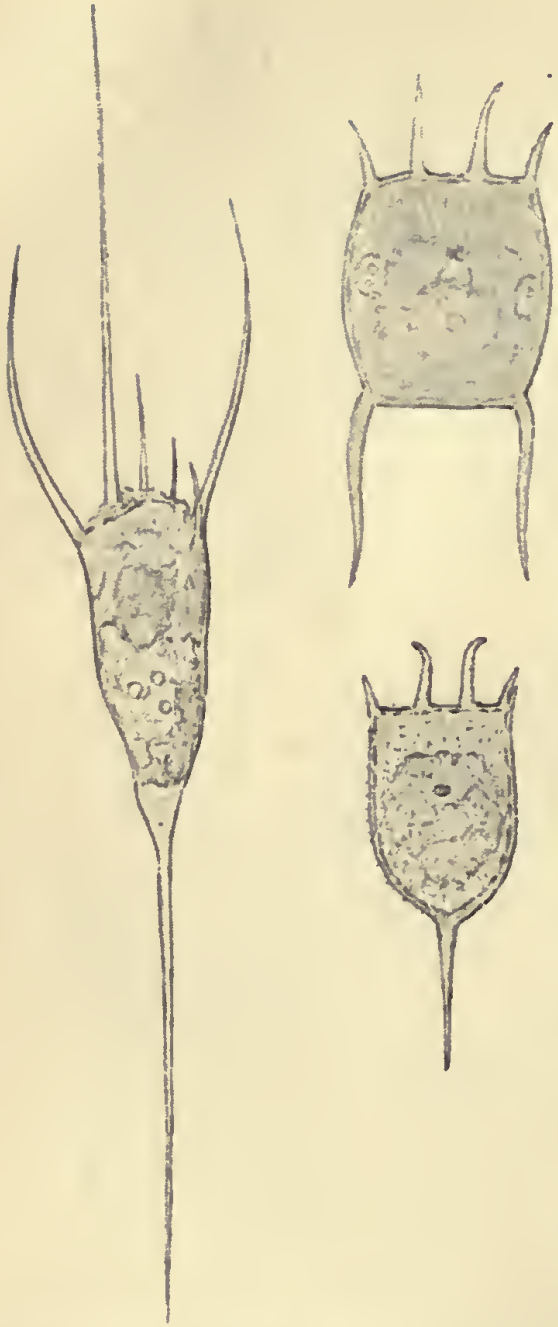


Abb. 2. Links: Notholca longispina, rechts: oben Anuraea aculeata, unten Anuraea cochlearis. (Nach der Natur.)

alles aufspießen, was in den Weg tritt. Der Gedanke, der uns zum Versuch mit der Nadel geführt hat, sagt uns sogleich, daß hier die Ausnutzung der Oberflächenspannung geradezu bis zum Extrem getrieben wurde; denn wie das Tierchen durchs Gesichtsfeld gleitet, sehen wir, daß sich eine weitere „Nadel" auch an dem rückwärtigen Körperende findet. Als **Notholca longispina** (siehe Abb. 2) bestimmen wir dieses Wesen, eines der interessantesten im ganzen Plankton, dessen geradezu riesige Ausleger uns ohne weiteres verstehen lassen, daß eine Form mit solchen Schwebevorrichtungen, selbst wenn sie spezifisch schwerer ist als Wasser, mit geringer Mühe schweben kann. Diese „Schwebeanpassungen" werden uns noch eingehend beschäftigen.

Vorerst wollen wir uns nur weiter im Formenkreis unseres Tropfens umsehen. Da fesselt eine einzig

schöne Form unseren Blick: wie ein Gebilde aus reinem Bergkristall liegt da ein Sternchen aus schlanken Stäbchen zusammengefügt. Unbewußt geben wir ihm seinen richtigen Namen: Sternchenalge, **Asterionella gracillima** (siehe Abb. 3), die sich, wenn wir den Tropfen weiter durchmustern, in vielen Exemplaren vorfindet. Sehen wir genauer zu, so finden wir manchmal einen „blinden Passagier" auf diesem zarten Gebilde. Ein Glockentierchen ist's, das selbst keine Schwebevorrichtungen besitzt, aber doch auch gerne mithalten möchte in diesem Auf- und Niedertanzen mit den Wogen des Sees. Was sagt uns da die Jagd im Planktongewimmel wieder! Diese kleinsten unter den Lebewesen — das Glockentierchen gehört zu den niedrigst Organisierten, zu den Einzellern — finden Mittel, sich durchzuhelfen!

Und wie wir so weitersuchen in dem einen Tropfen, der uns immer noch gebannt hält, sehen wir Formen um Formen, deren Zweckdienlichkeit für ihre Lebensbedingungen auf den ersten Blick klar ist.

Da gibt es einen tüchtigen Ruck im Tropfen und in kräftigen Zügen schwimmt ein Wesen heran, das uns fast zu groß dünkt für diese Umgebung von Zwergen. Ein Paar kräftiger „Arme" bewegt das Tierchen ruckweise vorwärts, und geradezu unheimlich rollt ein mächtiges schwarzes Auge, das von hellschimmernden Kristallinsen umschlossen ist. Sylphidenhaft durchsichtig ist der Körper, in welchem nun ein ganzer Apparat lebenstätiger Organe sichtbar wird. Entzückt sehen wir nahe der Rückenlinie dieses rundlichen, am Ende in einen langen Stachel auslaufenden Körpers ein Herz schlagen und längs der Mittellinie zeigt sich der Verdauungsapparat, den der dunklere Inhalt verrät, in voller Tätigkeit durch seine konvulsiven Bewegungen. Die sofort auffallende, ziemlich hohe Organisation des Tierchens, an welchem wir den „Wasserfloh", **Daphnia hyalina** erkennen (siehe

Abb. 24, zeigt uns, daß wir es hier mit dem Abschlusse nach oben in bezug auf Planktonwesen zu tun haben. Wir erkennen aber auch, daß hier wie in den verschiedensten anderen Formen des Planktons geradezu Kristallmodelle geschaffen sind, die uns das Leben in vielerlei Erscheinungsformen studieren lassen. Darum folgen wir jetzt diesen letztgenannten Formen, um einiges zu erfahren

aus der Biologie der Planktonten.

Haben wir einmal erkannt, daß jeder Tropfen des Sees Leben in verschiedenerlei Gestalten beherbergt, so wissen wir auch, daß damit das Bild des Friedens, als das der äußerlich so ruhige See erst erschien, gewichen ist: denn Leben heißt Kampf. Und nirgends tobt der Kampf so ruhelos und so unerbittlich als im Wasser. Dieser Kampf gilt nicht nur äußeren Feinden, die mit offenem Rachen drohen, er gilt besonders der Ungunst der ganzen Verhältnisse: den Lebensbedingungen. Wohl gibt es äußere Feinde genug für das Plankton, denn im Wasser gilt nur ein Gesetz: alles zu fressen, was überwindbar ist. Und daß die kleinen Schwebewesen am ersten zu Opfern dieses Triebes werden, ist wohl klar. Doch hier läßt Mutter Natur wieder Mittel finden, um die Art vor Vernichtung zu schützen. Der größte Teil der Planktonten ist glasartig durchsichtig und kann so dem Auge des Feindes entgehen. Aber dieses Schutzmittel scheint von nicht so großer Bedeutung zu sein, als ihm allgemein zugeschrieben wird. Denn die Planktonfresser ziehen mit offenem Rachen durch das Wasser und haben in ihrer Reuse einen gar feinen Fangapparat, der durchsichtige, wie undurchsichtige Beute abzufangen weiß. Viel wesentlicher scheint mir eine andere Anpassung, die sich ja im ganzen Tierreich findet: ein Wesen, das viele Feinde hat, besitzt stets große Vermehrungsfähigkeit. Diesen Satz lehren die Planktonwesen schon

bei oberflächlicher Betrachtung. Fast zu jeder Jahreszeit finden sich die größeren Vertreter des Planktons: die Rädertierchen und die niederen Krebschen im Stadium der Fortpflanzung. Und hier tritt eine der interessantesten Erscheinungen zutage: die stets lauernde Gefahr hat diese Tierchen gelehrt, für ihre Brut etwas zu sorgen. Sie legen die Eier nicht frei ins Wasser ab, wie wohl zu erwarten wäre — nachdem ja sogar Fische teilweise noch diesem Brauche folgen — sondern sie schleppen sie mühsam umher, teils in eigenen „Bruträumen", teils an den Leib angeklebt, um den Nachkommen im mütterlichen Schutze die erste Entwicklung zu ermöglichen. Diese hier so augenfällige Erscheinung der Brutpflege oder vielleicht besser Brutfürsorge erachte ich biologisch um so wichtiger, als sie sich dort wieder verliert, wo sie nicht mehr so viel Bedeutung hat: bei den Fischen und Amphibien, aber wieder auftaucht, wo sie nötig wird.

Allerdings beansprucht die Fürsorge für das einzelne Ei nur wenige Tage — im äußersten Falle — denn die Entwicklung ist sehr rasch beendet; daher erklärt es sich ja auch, daß z. B. eine einzige **Daphnia** in einem Monat eine Nachkommenzahl in die Welt setzen könnte, die in die Millionen geht. Bedenken wir aber, daß das Leben eines Planktonwesens im allgemeinen nur nach Tagen zählt und rechnen die Legionen von Feinden hinzu, so wird es verständlich, daß nur diese staunenswerte Vermehrungsfähigkeit der Tierchen die Erhaltung der Arten ermöglichte.

Doch gilt es für die Planktonwesen nicht nur den Kampf gegen äußere Feinde bestehen, es heißt vor allem, sich für das Leben selbst entsprechend einzurichten. Und dieser Teil der Betrachtungen aus der Welt des Planktons: das Studium der

Anpassungen an die Lebensbedingungen

scheint mir der interessanteste. Mag uns dieses Gebiet

wie die vorausgehenden Betrachtungen über die Anpassung an den äußeren Kampf vorerst mehr vergleichend und allgemein beschäftigen, im mehr systematischen Teil werden uns dann die Einzelheiten noch klarer werden.

Hat schon die Durchsichtigkeit der **Daphnia hyalina** die allgemeine Frage nach der Bedeutung dieser Art der Anpassung angeregt, so wird diese Frage um so lauter, wenn wir andere Formen näher ins Auge fassen. Ziehen wir nämlich das Netz die Uferzone entlang und vergleichen diese Formen mit denen aus der freien Seefläche, so fällt uns — ich muß hier einer später folgenden Betrachtung ein wenig vorgreifen — der kräftigere Bau der Uferbewohner gegenüber den Hochseeformen auf. Dies gibt sehr zu denken. Am Ufer ist ein Wasserbewohner stärkerem Wellenschlage ausgesetzt als auf Seehöhe; er muß also dort auch widerstandsfähiger sein als hier. Verläßt also ein Bewohner der Uferregionen diese und wandert hinaus auf die freie Seefläche, so wird der kräftigere Bau der Körperumhüllung überflüssig und nach einem in der ganzen Natur waltenden Prinzip verliert sich das Überflüssige. Ist aber die Körperhülle kräftig und dicht, so ist sie ziemlich undurchsichtig; eine weiche Bedeckung jedoch läßt sicher auch die inneren Organe so durchschimmern, wie uns die hyaline **Daphnia** zeigt. So erklärt sich das reizend Sylphidenhafte der Planktonwesen zwanglos und befriedigend — und wenn diese Ausstattung ihren Trägern auch sonst noch gut zustatten kommt, so stellt sie eben einen doppelten Vorzug dar.

Wenn da z. B. einer der Piraten unter den Seekrebschen, die meist in ziemlichen Tiefen lebende **Leptodora** (siehe Abb. 31) ebenso gespensterhaft durchsichtig ist, so entgeht sie den Augen ihrer unglücklichen Opfer, die sie mit ihren kräftigen Greiffüßen gar sicher zu fassen vermag.

Als weitere interessante Erscheinung wäre hier die Färbung des Planktons zu nennen. Wohl sind im Seeplankton die Farben nicht so mannigfach und daher auch die Unterschiede nicht so groß als in dem unerschöpflichen Gebiete des Meeresplanktons. Denn wenn wir absehen von den typischen grünen und braunen Tönen der Pflanzen des Planktons — die in ihrer Gesamtheit als Phytoplankton bezeichnet werden — begegnen uns bei den Vertretern des Tierreiches — dem Zooplankton — hauptsächlich zwei auffallende Farbentöne: rot und blau; rot auch im Phytoplankton.

Man hat durch fortgesetzte Beobachtungen gefunden, daß die Ausbildung roten Farbstoffes im Pflanzen- wie im Tierreich ein Schutzmittel ist, und zwar teils gegen zu intensive Bestrahlung, teils gegen Kälte. Der Naturfreund, der sich erst in Floras Reiche auf luftiger Höhe umgesehen, ehe er mir an den Alpensee gefolgt ist, weiß z. B. die glutäugige Erika der höheren Regionen wohl von ihrer blaßwangigen Schwester der Niederung zu unterscheiden. Er weiß, daß das ungehindert einstrahlende Sonnenlicht dort oben die tiefdunklen roten Töne hervorzaubert, die dem Hochtouristen die eigentliche Alpenflora kennzeichnen — er bestätigt mir aber auch, daß sich da oben manche Blätter von Alpenpflänzchen in Rot kleiden: um den wichtigsten Teil, das Chlorophyll, lebensfähig zu erhalten, das in dieser dünnen Luft gegen die zu starke Bestrahlung der Sonne nicht geschützt wäre. Eine ähnliche Schutzanpassung findet sich z. B. bei einer Grünalge, **Botryococcus brauni**, von der nachgewiesen wurde, daß sie in den dänischen Seen den Winter über das allgemeine Grün des Chlorophylls zeigt, im Sommer aber in Rot prangt. In Schweizer Seen aber ist sie gerade umgekehrt im Sommer grün und im Winter rot. Nun hat eben Dänemark die größte Reihe sonnenklarer Tage im

Sommer, die Schweiz im Winter — so erklärt sich das Verhalten der Alge in überraschender Weise *).

Ein anderes interessantes Kleinlebewesen, das für das Plankton allerdings höchstens als Uferform in Betracht kommt, das Geißelzellchen **Euglena sanguinea**, hat seinen Beinamen von der intensiven Rotfärbung, die bei massenhaftem Auftreten dieser Wesen die Bildung der „Blutseen" der Hochalpen veranlaßt. Findet sich nun diese Erscheinung auch nicht ausschließlich in den Bergen, wie eine, dem biologischen Institut aus Passaus Umgebung eingesandte Probe vor kurzem wieder zeigte, so ist sie doch nur aus solchen Tümpeln bekannt, die den Sonnenstrahlen ungeschützt ausgesetzt sind. Läßt man nun solche Euglenen einige Zeit in nur mäßigem Lichte, so verliert sich die Rotfärbung alsbald. Sie hat aber wohl noch eine andere Bedeutung. In höheren Regionen kann nicht nur das Sonnenlicht ungehindert einstrahlen, es gibt auch infolge der ebensowenig gehinderten Ausstrahlung ganz beträchtliche Abkühlung. Und der Vergleich mit Bewohnern kalter Wässer hat zur Annahme geführt, daß Einlagerung von rotem Farbstoff auch ein Schutzmittel gegen Kälte ist. Viktor Brehm, unter den österreichischen Forschern einer der besten Kenner des Planktons, „kam zu der Ansicht, es liege hier ein Kälteschutzmittel vor, indem diese roten Farbstoffe die Fähigkeit hätten, Schwingungszustände des Äthers zu modifizieren, nämlich Licht in Wärme umzusetzen", schreibt Steuer in seiner „Planktonkunde". Bei **Euglena sanguinea** nun dürfte es sich bald um die eine, bald um die andere Schutzanpassung handeln. Die typische Rotfärbung im Zooplankton aber, wie sie sich bei Rädertierchen und Crustaceen findet, dürfte durchwegs ein Kälteschutz sein. Da im Winter 1909 der Tegernsee nicht zufror, war auch in dieser Zeit

*) Steuer, Planktonkunde. S. 280.

das Plankton ohne Schwierigkeit zugänglich. Es zeigte sich nun die „Carotinfärbung", wie hier die Rotfärbung bezeichnet wird, bei **Cyclops** und **Diaptomus** besonders deutlich vom November ab und verschwand im Frühjahr wieder.

Mit Sommers Ende stellte sich bei einigen Copepoden, und speziell bei der Cladocere **Bosmina** eine typische Blaufärbung ein, die sich hauptsächlich auf die Eier, beziehungsweise Embryonen erstreckte und bis Ende Oktober anhielt. Die Bedeutung dieser Färbung ist noch nicht geklärt. Tritt sie auch in der Fortpflanzungszeit mit auf, so ist doch die Erklärung als „Schmuckfarbe" noch nicht hinreichend.

Manch andere nebenher auftretende Färbungen lassen sich unschwer aus der Art der Nahrung erklären und spielen daher keine besondere Rolle.

Nimmt man aber zur Färbung noch die schon erwähnten Unterschiede in der Durchsichtigkeit, so läßt sich bei vielen Planktonten schon erkennen, in welchen Regionen des Sees ihr gewöhnlicher Aufenthalt ist. Hat man nämlich zuerst das Netz in nur geringer Entfernung vom Ufer gezogen und macht nun einen weiteren Fang auf freier Hochseefläche, dessen Ergebnis natürlich sorgfältig vom Ufermaterial geschieden wird, so zeigt der Vergleich der Fangresultate im Mikroskop ganz bedeutende Unterschiede. Man sieht da die interessantesten Anpassungen an die in den einzelnen Regionen gegebenen Lebensbedingungen und kann sich geradezu an Schulbeispielen den Zusammenhang der ganzen Körperorganisation mit den Existenzverhältnissen klar machen. Wir haben ja schon einmal gefunden, daß die Bewohner der Uferregion infolge des Wellenschlages, dem sie in dieser Zone ausgesetzt sind, eine kräftigere Körperumhüllung besitzen, als die Formen der freien Seefläche. So hat man denn die Verschiedenheiten in der Organisation der Einzelnen zusammengestellt und erkannt, daß sich das Plankton

nach seinem Aufenthalt in drei große Hauptgruppen einteilen läßt. Die erste Gruppe umfaßt die Organismen der Uferregion, die zweite die Formen der freien Seefläche, die dritte dann die Bewohner des Grundes in größeren Tiefen.

Wenn wir, der natürlichen Anordnung der einzelnen Regionen folgend, zunächst die

Organismen der Uferzone

studieren wollen, so gilt es vor allem, uns die Lebensbedingungen dieser Region klar zu machen. Die Uferregion selbst ist ausgezeichnet durch verhältnismäßig geringe Wassertiefe gegenüber dem eigentlichen Seebecken und besonders noch durch geringe Neigung des Bodens gegen die Horizontale. Schon die aufmerksame Betrachtung vom Boot aus, mehr noch eine Tiefenlotung läßt erkennen, daß der Seegrund erst nur wenig „abgeböscht" ist, um dann in größerer oder geringerer Entfernung vom Rande ziemlich plötzlich steil abzufallen. Hier scheidet sich also das eigentliche Seebecken von der Uferregion. Die geringe Wassertiefe dieser letzten Zone nun bringt vor allem drei wichtige Umstände mit sich: das Wasser kann von den Sonnenstrahlen gut durchleuchtet werden, so daß Pflanzenleben bis zum Grunde möglich ist, eine Folge dieses gleichmäßigen Eindringens der Sonnenstrahlen ist eine entsprechend gleichmäßige Durchwärmung des Wassers; dann können sich hier Pflanzen ansiedeln, die im Boden wurzeln und ihre Blätter und Blüten bis zur Oberfläche treiben, und — was vielleicht von noch größerer Bedeutung ist — das Wasser wird hier durch den leisesten Wind bis zum Grund bewegt, die Wellen brechen sich dann am Ufersaum, werden zurückgeworfen, verfangen sich in den Pflanzenbeständen, so daß also hier das Wasser fast ständig in Bewegung ist. Die Uferzone eines Sees hat somit fast die gleichen physikalischen Verhältnisse wie ein Tümpel. Es wundert

uns daher nicht weiter, wenn wir hier Formen finden, die zu den ausgesprochenen Tümpelwesen gehören. Aber gerade das ist von größtem Interesse; denn wir sehen hieraus ein wichtiges Prinzip, das da sagt: „Der Organismus erleidet keine Veränderung, so lange er seine gewohnten Lebensbedingungen findet; erst eine Änderung in diesen Bedingungen wird zur Ursache einer Änderung in der Organisation.“ Wenn wir nun annehmen, daß Zuflüsse, die ja sehr häufig von Tümpeln oder sonstigen Wasseransammlungen herkommen, dem See solche Organismen zuführen, oder daß diese von Wasservögeln hierher verschleppt werden, so finden sie sich geradezu in gewohnten Verhältnissen — behalten also alle ihre charakteristischen Merkmale bei. Vergleichen wir nur einen Cyclops des Tümpels mit einem solchen aus der Uferregion eines Sees, so zeigt sich kein nennenswerter Unterschied. Und wer vielleicht nicht allzu weit von einem See entfernt ist und ein wenig Zeit und Lust zum Experimentieren hat, mache folgenden einfachen Versuch nach: in eine ziemlich flache Wasserschale bringt man von einem Tümpel eine Schlammprobe und gießt sie mit Wasser vom gleichen Weiher oder mit Regenwasser auf; hierein gibt man die mit dem Netz gefangenen Crustaceen dieses Tümpels. In eine zweite Schale bringt man Uferschlamm des Sees mit dem Fangergebnis eines Netzzuges am Ufer; beide Schalen stelle man an das Licht, aber geschützt gegen direkte Sonnenbestrahlung. Nun kann man das muntere Spiel dieser „Wasserflöhe“ mit Muße beobachten. Man wird jetzt bald sehen, daß diese kleinen Wesen nicht ruhelos umherhüpfen, sondern sich mitunter recht träge auf den Schlamm oder mit Vorliebe auf den schrägen Glasrand legen: sie kennen eben dieses behagliche Ausruhen vom früheren Wohnort her, und wenn wir unterm Mikroskop die Ausbildung der Ruderwerkzeuge betrachten, so finden wir,

daß diese nicht besonders kräftig entwickelt und vor allem kürzer sind als die ihrer Artgenossen von der freien Seefläche. Bringen wir aber Crustaceen vom Hochsee in eine dritte Schale, so irren diese die erste Zeit ruhelos umher, und wenn sie sich legen, ist es meistens, um sich nicht wieder zu erheben; denn in diesem engen Bereich fühlen sie sich gar unbehaglich.

Diese Möglichkeit des Ausruhens hat nun bei manchen Wesen zu Einrichtungen geführt, durch die sie ihren Namen „Planktonwesen", und d. h. doch Schwebeorganismen, gar keine Ehre mehr machen. Ein nicht unbeträchtlicher Teil der Uferbewohner hat nämlich das Freischweben zum Teil ganz, zum Teil für längere oder kürzere Zeit aufgegeben. Man rechnet daher natürlich diese Organismen nicht mehr zum eigentlichen Plankton. Es ist aber sehr interessant, sich unter diesen Wesen ein wenig umzusehen; denn nicht selten sind es die entzückendsten Formen, die man hier aus ihrer Behaglichkeit aufscheucht.

Da bieten sich als die reichhaltigsten Fundquellen die untergetauchten Stengel von Wasserpflanzen. Bei einem Sammelzuge am Ufer lasse man sich die geringe Mühe, solche Stengelteile aus dem Wasser zu holen, niemals verdrießen; die Ausbeute wird sie stets lohnen. Schabt man von einem Schilfstengel etwas dieses ganz charakteristischen braunen Filzbelages mit einem Pinsel ab, so enthüllt sich im Mikroskop zumeist eine geradezu befremdende Reichhaltigkeit herrlicher Formen aus dem Pflanzen- wie aus dem Tierreich. Wohl nie fehlt ein entzückendes zartes, allerdings gar kleines Pflänzchen aus der Gruppe der Kieselalgen, das seiner Form wegen den Namen „Nagelalge" (Gomphonema) erhalten hat. In mitunter dichten Beständen manchmal wieder vereinzelt bildet es reizende Bäumchen aus schleimiger Absonderung (Gallerte), an deren feinverzweigten Enden, zierlichen Köpfchen gleich, die nagelartigen Zellen sitzen, die sich aus

Kieselsäure den kristallschimmernden Panzer gebildet haben. Wer sich schon ein wenig in der Formenwelt des Tümpels umgesehen hat, findet sie hier am Seeufer als gute Bekannte wieder. Man meint diese Köpfchen nicken zu sehen mit dem sanften Spiel der Wellen, gegen deren allzu stürmischen Schlag sie ja hier im Schilfgestrüpp ziemlich gesichert sind; und auch dem Zuge des Wassers hält der Gallertstiel gut stand. In freier Wasserfläche wird man dieses Pflänzchen vergebens suchen, obwohl es dort viele recht nahe Verwandte finden würde, denen die Ungebundenheit der weiten Seefläche verlockender erschien, als der enge Bereich des Röhrichts.

In Gesellschaft dieses Pflänzchens findet sich fast stets ein anderer Einzeller, dem Tierreich angehörig, der sich desselben Hilfsmittels zum Festsetzen bedient. Eine Glockentierchenart ist es, die in Kolonien auf schön verzweigten Gallertstielen aufsitzt und so mit vereinten Kräften durch das Flimmern ihrer Wimperhaare einen kräftigen Strudel zum Herbeiwirbeln der Nahrung erzeugt. Als **Epistylis** erkennen wir diese Form, die sich mitunter auch im Fang aus freier Seefläche vorfindet; doch dürfte es sich hier zumeist um Formen handeln, die ein kräftiger Wellenschlag aus der Uferregion hinausgetragen hat. Der Stiel dieser niedlichen Tierchen ist unbeweglich und wenn die Köpfchen wie die der ganzen äußerst „nervösen" Verwandtschaft zusammenzucken, so ist dies mehr ein Umschlagen um die Ansatzstelle als eine richtige Kontraktion. Man sieht diese Tierchen ganz vollkommen einer festsitzenden Lebensweise angepaßt.

Haben wir ein wenig Glück gehabt, so finden wir im Tropfen einen Verwandten dieser Epistylis, der entzückende Kolonien von ganz respektabler Individuenzahl bildet: das reizende Glockentierchen **Carchesium polypinum**. Dieses Wesen ist kein typischer Vertreter mehr für die Uferregion, denn es ist ein

gar unsteter Geselle. Die Zusammenarbeit so vieler Einzelwesen gestattet ja der Kolonie schon eine gewisse Eigenbewegung, und größere Wesen, die unfreiwillig ein Ruheplätzchen werden können, finden sich überall im See. Der fein verästelte und verzweigte Stiel dieser Kolonien nun ist kein unbeweglicher Gallertschlauch, sondern zu jedem Einzeltierchen führt ein zusammenziehbarer, von einem Muskel — wenn man hier auf dieser niederen Stufe der Organisation das Wort Muskel schon gebrauchen darf — durchzogener Faden, der sich bei der geringsten Bewegung spiralig zusammenrollt, um sich dann wieder korkzieherartig auszustrecken. So ein nach allen Richtungen zuckendes Bäumchen gewährt im Mikroskop einen reizenden Anblick. Wird es nun durch die Wellen von der Uferzone weggetragen, so setzt es sich auf irgend einem gerade in den Weg kommenden Planktonwesen fest; so habe ich aus Proben vom Staffelsee Carchesium entnommen, das sich an der „Rosenkranzalge" (Anabaena) festgesetzt hatte, wobei die Glockentierkolonie ihren Träger an Ausdehnung weit übertraf.

Ein naher Verwandter des Carchesiums, der sich eigentlich schon ganz aus der Uferregion wegbegeben hat, obwohl er die festsitzende Lebensweise beibehielt, hat uns als „blinder Passagier" schon eingangs beschäftigt; er wird uns im systematischen Teile wieder begegnen.

Diese interessante Erscheinung der Ausbildung einer festsitzenden Lebensweise dürfen wir nicht verlassen, ohne sie an einer Tiergruppe studiert zu haben, die für den Planktonforscher nach oder vielleicht sogar mit den niederen Krebsen die interessanteste und lehrreichste ist: an den Rädertierchen. Wohl selten wird man eine Probe von einem untergetauchten Stengel schaben, ohne Vertreter dieser Gruppe im Tropfen zu finden. Sie fallen ja sogleich auf durch das eigentümliche Organ am Kopfe, dessen Bewegung für den

ersten Anblick das Gegeneinanderdrehen zweier Räder vortäuschen kann und so den Tierchen ihren Namen gab. All die Wesen nun aus dieser Gattung, die als Uferbewohner an Pflanzenstengeln festsitzen, haben einen eigenartigen „Fuß", der zumeist deutlich vom Rumpfe abgesetzt ist und sehr praktische Ausrüstung zum Haftorgan zeigt. Er endet in Zehen, die von einem feinen Kanal durchzogen sind; dieser wieder führt zu Drüsen — gewöhnlich sind zwei solche vorhanden — in welchen ein eigenartiger Klebestoff abgeschieden wird. Mit diesem nun heften sich die Tierchen fest und da der Stoff rasch im Wasser erhärtet, sind sie gut gegen ein Fortgespültwerden geschützt. Vielleicht darf ich nebenbei bemerken, daß die Verfolgung der feinen Kanälchen und das Aufsuchen der Klebedrüsen für den angehenden Mikroskopiker eine vorzügliche Übung ist, da mit dem Auge zugleich der Verstand suchen muß, um bei Windungen oder Übergängen in höher oder tiefer im Gesichtsfeld liegenden Partien den Zusammenhang des Bildes nicht zu verlieren.

Dieses Haftorgan zeigt dann auch durch seine verhältnismäßig kräftige Muskulatur, daß es einer beträchtlichen Inanspruchnahme gewachsen sein muß. Wohl hat es kein Körpergewicht zu tragen; dies besorgt ja das von allen Seiten stützende Wasser; aber der Zug des, wie wir schon betrachtet haben, fast stets bewegten Wassers stellt nicht geringe Anforderungen an die Muskeln.

So ließ uns dieser braune schleimige, sonst so unscheinbare Überzug eines Pflanzenstengels einen tiefen Blick in ein geheimnisvolles Walten tun, das da die Zwerge unter den Naturkindern mit Mitteln ausrüstet, die ihnen über die Schwierigkeiten ihrer Lebensbedingungen hinweghelfen. Verlassen wir nun diese vom Stengel abgenommenen Formen und sehen uns in nächster Nähe der Uferpflanzen um, so finden wir gewöhnlich das reichste Leben. Besonders Zoo-

plankton ist zahlreich in nächster Umgebung solcher Wasserpflanzen, die auf dem Grunde wurzeln und ihre grünen Teile bis zur Oberfläche emporschieben. Ein buntes Gemisch von Rädertierchen, Crustaceen, Strudelwürmern und sonstigem Getier treibt sich da herum, verkriecht sich wohl zuweilen in den Blattachseln oder im schleimigen Stengelbelag und zeigt uns da zumeist wieder Formen, die wir weiter draußen vergebens suchen. Mit ihnen finden sich natürlich auch Phytoplanktonten je nach Jahreszeit in wechselnden Mengen.

Aber gerade der Reichtum an tierischen Organismen hier zwischen den Wasserpflanzen gibt zu denken. Der Schlüssel ist aber bald gefunden. Zwei Bedürfnisse ziehen ja das Tier immer in die Nähe von Pflanzen: das Bedürfnis der Nahrungsaufnahme und das der Atmung. Das Tier vermag eben die zum Körperaufbau notwendigen Stoffe nicht aus anorganischen Verbindungen zu bilden, wie das die Pflanze kann; es ist auf fertige organische Nahrung aus dem Pflanzen- oder Tierreich angewiesen. Und wo viel Pflanzenwuchs, da stellen sich gleich die Konsumenten ein, die sich von Pflanzen nähren oder von den bei der Verwesung von Pflanzen frei werdenden Stoffen, und mit den harmlosen Pflanzenfressern kommen dann eben auch die Räuber. Doch das Bedürfnis der Nahrungsaufnahme dürfte die Reichhaltigkeit der Tierumgebung weniger bedingen, als die Notwendigkeit der Atmung. Gelöste Nahrungsteilchen finden sich überall im Wasser, aber freier Sauerstoff findet sich nirgends so häufig als in den Regionen mit beträchtlichem Pflanzenwuchs. Und für die tierische Atmung kommt lediglich der freie Sauerstoff des Wassers in Frage, also in erster Linie der, den die Pflanzen bei ihrer Assimilation abgeben. Nun sehen wir ohne weiteres ein, daß kräftige, im Boden wurzelnde Pflanzen, deren Grünteile durch das ganze Wasser hindurch bis zur Oberfläche reichen, also die

Pflanzenbestände der Uferregion, auch die relativ größten Sauerstoffmengen an das Wasser abgeben. Daher wohl das Tiergewimmel in der Umgebung.

Nehmen wir zusammenfassend noch die schon erwähnte Anpassung an den kräftigen Wellenschlag hinzu, die zu einer Verstärkung der Körperumhüllung geführt hat, so hat uns die Betrachtung der Organismen der Uferzone, obwohl sie nicht zum eigentlichen Plankton im strengen Sinne des Wortes gehören, doch eine Reihe interessanter Einzelheiten gezeigt, die nun das Verständnis für die

Formen der freien Seefläche

bedeutend erleichtern werden. Sie waren es ja, die man zuerst unter dem Namen „Plankton" zusammengefaßt, nachdem der ursprünglich auf die Meeresorganismen angewandte Ausdruck „pelagischer Auftrieb" zu viel in sich schloß. Wir verstehen jetzt unter Plankton im engeren Sinne die Gesamtheit der frei im Wasser treibenden Lebewesen, die infolge mangelnder oder zu geringer Eigenbewegung dem Spiele von Wind und Wellen ausgesetzt sind. Neben diesen gibt es nun Bewohner der freien Seefläche, deren Eigenbewegung energischer ist als das Treiben der Wellen und des Windes. In den Seen gehören hierher nur die Fische im Gegensatz zum Meere. Diese Organismen, die so ganz nach eigenem Wollen ihren Aufenthalt wählen können, faßt man zusammen unter dem Begriff „Nekton". Sie sollen uns hier nicht weiter beschäftigen.

Die freie Seefläche nun, deren Bereich wir jetzt eingehender studieren wollen, grenzt an die Uferregion dort an, wo der Seegrund meist plötzlich steil abfällt zu mehr oder weniger beträchtlicher Tiefe. Dies tritt in ganz verschiedener Entfernung vom Uferrand ein und schwankt zwischen 5 und 20 Meter. Von hier aus nimmt dann die „freie Seefläche" den ganzen übrigen

Teil des Wasserspiegels ein und erstreckt sich bis in jene Tiefen, in welche kein Licht mehr dringt, beziehungsweise welche über dem Seegrund lagern. So umfaßt also die Hochseefläche den größten Teil des Sees. Damit erklärt es sich auch, daß dieses Gebiet am besten durchforscht ist.

Fragen wir uns nun nach den physikalischen Verhältnissen dieser Region, so sehen wir die größten Unterschiede gegenüber der Uferzone. Ein völliges Durchdringen der Sonnenstrahlen ist hier vor allem ausgeschlossen, so daß die Lichtverhältnisse in den einzelnen Schichten um so ungünstiger werden, je tiefer die Schichten liegen. Der Lichtgenuß spielt aber bei allen Organismen des Planktons, ob sie zum Tier- oder Pflanzenreiche gehören, eine bedeutende Rolle, wenn auch bei den einzelnen Gattungen wieder verschiedenes Verhalten dem Lichte gegenüber konstatiert wurde. Diese verschiedene Belichtung der Schichtung hat auch ungleichmäßige Erwärmung der einzelnen Lagen zur Folge, und zwar haben Versuche gezeigt, daß speziell im Sommer die Temperaturabnahme bei einer bestimmten Schicht, der „Sprungschicht", ganz plötzlich erfolgt, und erst von hier aus wieder allmählich vor sich geht, bis dann eine je nach Umständen tiefer oder höher gelegene Schicht kommt, deren Temperatur konstant 4 Grad Celsius ist, da bei dieser Temperatur das Wasser bekanntlich seine größte Dichte hat. Die Temperaturveränderung nun hat vertikale Strömungen zur Folge, die aus dem Untersinken abgekühlten und dem Aufsteigen erwärmten Wassers hervorgehen. Diese Strömungen spielen besondes mit Beginn der Dunkelheit und bei Eintritt der kälteren Jahreszeit eine Rolle.

Mit der vertikalen Entfernung vom Wasserspiegel ändert sich aber nicht nur Licht und Temperatur, sondern auch der Druck. Da für die eigentliche Schwebewelt mitunter beträchtliche Tiefen

in Betracht kommen, so ist der Wasserdruck, der ja für je 10 Meter Höhendifferenz um 1 Kilogramm auf 1 Quadratzentimeter Fläche zunimmt, ein wesentlicher Faktor. So erweist sich die Hochseezone gegenüber der Uferregion physikalisch ungünstiger in bezug auf Licht, Temperatur und Druck. In einem aber mag erstere günstiger sein: die Wellenbewegung ist in freier Seefläche nicht so kräftig als an den Ufern. Der Umstand hat uns ja schon etwas beschäftigt.

Wenn wir uns nun fragen, welche Konsequenzen diese physikalischen Verhältnisse für das Plankton ergaben, so sehen wir vor allem eines: ein Pflanzenwuchs vom Seegrunde bis zur Oberfläche, wie ihn die Uferzone besitzt, ist hier selbstverständlich ausgeschlossen. Mit ihm entfallen all die günstigen Nebenumstände, als da waren: Möglichkeit zum Festsetzen, bequeme Schlupfwinkel, beträchtliche Mengen von Sauerstoff. Vor allem nun das Fehlen jeder Gelegenheit zur Ruhe hat hier eine Lebensbedingung geschaffen, deren Schwierigkeit für ein Lebewesen außer Frage steht. So mag es sich erklären, daß der Artenreichtum des Planktons kein allzu großer ist. Denn nur ungemein anpassungsfähigen Organismen konnte es gelingen, sich in so ungünstige Verhältnisse zu schicken. Besonders schwierig wird da die Situation für die Zooplanktonten, die, spezifisch schwerer als das Wasser, sich durch Bewegung schwebend erhalten müssen. Wenn wir bedenken, daß dies z. B. bei den Crustaceen durch Muskelkraft geschieht, so können wir nur staunen über eine solche Ausdauer der Muskulatur, für die der Mensch nur in seinem Herzmuskel ein Analogon hat.

Wir wundern uns auch nicht mehr, wenn ein Fangergebnis auf freier Fläche ganz andere Wesen zeigt als ein Netzzug im Uferbereiche. Bei diesen so grundverschiedenen Lebensbedingungen ist ein Verweilen der einzelnen Organismen abwechselnd in dem einen der beiden Bereiche von vornherein ausge-

schlossen*). Wohl aber gibt es Gattungen, die Vertreter im Hochsee wie in der Uferzone haben. Der Vergleich dieser Formen ist dann besonders lehrreich, denn in Einzelheiten zeigen sich dann zumeist ganz charakteristische Anpassungserscheinungen.

Was nun die Hauptformen dieser Organismenwelt der freien Fläche betrifft, so zeigen sie sich äußerlich so unverkennbar für das Schweben eingerichtet, daß sich hier eine fast unerschöpfliche Quelle genußreicher Anregungen zu vergleichenden Betrachtungen erschließt. Um den allgemeinen Gedankengang hier nicht zu stören, betrachten wir diese interessanten Schwebeanpassungen später in einem eigenen Abschnitte. Vorerst haben wir ja noch die allgemeinen Lebensbedingungen der eigentlichen Planktonten zu betrachten.

Haben wir gesehen, daß schon der Aufenthalt in dieser freien Seefläche für sich eine große Schwierigkeit bedeutet, so findet sich diese noch gesteigert, wenn wir der Ernährungsfrage nähertreten. In der Uferregion verteilt sich die im Wasser gelöste Nährstoffmenge auf bedeutend geringere Wassermassen als hier; und dort sorgt übrigens der Pflanzenbestand für entsprechend gedeckten Tisch. Die Pflanzenwelt der freien Seefläche ist nun gar spärlich gegenüber der Uferzone. Im Hochsee gilt es eben auch für die pflanzlichen Organismen zeitlebens zu schweben. Es war nun, ähnlich wie im Tierreich, auch im Pflanzenreich nicht allzu viel Gattungen möglich, sich darauf einzurichten; und überdies kommen nicht alle Phytoplanktonten als Nahrung für das Zooplankton in Betracht. So kommt also zur rastlosen Schwebetätigkeit noch Ungunst der Nahrungsverhältnisse. Dies mag erklären, warum die Quantität der gefangenen Organismen bei einem Zug

*) Abgesehen ist hier von einigen Übergangsformen, beziehungsweise von vertragenen Organismen, die sich immer wieder vorfinden.

auf freier Seefläche mitunter beträchtlich hinter der in einem Uferfange zurückbleibt.

Noch eine Folge hat diese Ungunst nach sich gezogen: man hat beobachtet, daß sich einzelne Vertreter des eigentlichen Planktons im allgemeinen weniger stark fortpflanzen als die verwandten Arten der Uferregion. Es zeigte sich dabei, daß die untersuchten Organismen der Hochseefläche sowohl weniger Eier entwickelten als auch zum Durchlaufen der ersten Embryonalstadien — während welcher die in Frage kommenden Formen ihre Eier mit herumtragen — längere Zeit benötigten. Wohl mit Recht hat man geschlossen, daß diese Umstände eine direkte Folge der ungünstigeren Ernährungsverhältnisse sind. Denn ein gut genährter Organismus kann dem Fortpflanzungsgeschäft in ganz anderer Weise obliegen als ein Wesen, das kaum Nahrung genug zur Erhaltung des eigenen Lebens findet. Beispiele hierfür bietet ja die Natur im großen wie im kleinen; als bekanntestes möchte ich auf das Brutgeschäft der Vögel hinweisen, das ja durchwegs in Zeiten günstiger Ernährungsperioden verlegt wird.

Und zur Schwierigkeit der Nahrungsbeschaffung kommt in freier Seefläche, besonders mit zunehmender Tiefe, noch die Schwierigkeit der Atmung. Haben in der Uferzone die reichen Pflanzenbestände für stete Lieferung von freiem Sauerstoff gesorgt, so fehlt es hier durchwegs an größeren Pflanzenbeständen, wie wir ja schon gesehen haben. Wohl führen die Wellen nicht unbeträchtliche Mengen von Sauerstoff aus den Uferbereichen in das freie Wasser hinaus; aber diese verteilen sich dann auch über noch größere Massen, so daß auf die Raumeinheit ein viel geringerer Sauerstoffgehalt trifft. Als Produzenten kommen dann für weitere Atemluft nur die Schwebepflanzen des Planktons in Betracht, die aber, großenteils Einzeller und auch einzeln lebend, natürlich niemals solche Mengen liefern

können als die Uferbestände. Auf diese Verhältnisse nun mußten sich die Zooplanktonten einrichten, um den Kampf ums Dasein durchführen zu können. Da gerade hierüber noch wenige Untersuchungen angestellt wurden, ist vorerst ein klarer Überblick über die Verteilung des Planktons infolge des verschiedenen Sauerstoffgehaltes der einzelnen Schichten noch nicht möglich.

Wenn nun noch die Verschiedenheit des Wasserdruckes in den einzelnen Lagen zu betrachten ist, so scheint dieser für die Planktonwesen nicht von besonderer Bedeutung zu sein. Denn aus dem späteren Abschnitte über die vertikalen Wanderungen werden wir sehen, daß diese nämlichen Wesen, die sich zeitweise an der Oberfläche aufhalten, zu anderen Zeiten in beträchtliche Tiefen steigen, wo sie einem Drucke bis zu 15 und 20 oder noch mehr Atmosphären ausgesetzt sind — je nach Tiefe des Sees. Eine besondere Anpassung an bestimmte Druckverhältnisse ist noch nicht festgestellt worden. Dies nimmt uns um so mehr Wunder, als doch die größeren Lebewesen der Tiefsee ganz ausgesprochene Tiefseeanpassungen zeigen; ich erinnere nur an die Druckanpassungen der Tiefseefische. Allerdings halten sich diese auch *nur* in den tiefen Schichten auf, während das Plankton von Schicht zu Schicht wandert. Da es dabei auch den verschiedensten Temperaturen ausgesetzt ist, so geht daraus hervor, daß diese Wesen, die ja, wie alle wirbellosen, einer eigenen Körperwärme entbehren, thermischen Schwankungen gut angepaßt sind. Eine Bestätigung mag hierfür sein, daß sich sogar unter dem Eis Planktonten in Fortpflanzungsstadien finden. So habe ich im verflossenen Winter, währenddessen z. B. der Staffelsee lange zugefroren war, um eine Planktonprobe zu entnehmen, eine Öffnung ins Eis gebrochen und das Netz durchgezogen. Im Fange war eine Menge von **Notholca longispina** (siehe Abb. 2) mit angeklebten Eiern.

So taucht jetzt die Frage auf: wie ist denn das

Plankton im allgemeinen für diese ungünstige Zeit eingerichtet, während der eine dicke Eisschicht das Wasser bedeckt, die in der Uferzone nicht selten bis zum Grunde reicht? Die Beantwortung dieser Frage teilt das Plankton in zwei große Gruppen. Zur einen sind die Organismen zu zählen, die in voller Lebenstätigkeit unterm Eise überwintern, zur anderen die, die mit Eintritt ungünstiger Jahreszeit absterben und ihre Nachkommen wohlgeschützt im Embryonalzustande hinterlassen, beziehungsweise die Dauerformen — die einen Cysten, die anderen Sporen — bilden, in denen der Organismus wohlgeborgen und scheinbar leblos die bessere Jahreszeit im Schlamm erwartet. Bei der allgemeinen Betrachtung der Periodizität des Planktons wird uns dies noch eingehender beschäftigen.

So erübrigt noch, der dritten Hauptgruppe in der Betrachtung ihrer Lebensbedingungen zu folgen, nämlich

die Bewohner des Grundes in grösseren Tiefen

zu untersuchen. Auch diese gehören ebensowenig wie die Uferbewohner zum eigentlichen Plankton. Man hat ihnen daher einen eigenen Namen gegeben und bezeichnet als Benthos die Gesamtheit der pflanzlichen und tierischen Organismen des Seegrundes bei beträchtlicher Tiefe. Damit ist von vornherein gesagt, daß nicht jeder See ein charakteristisches Benthos besitzt. Ist nämlich die Tiefe so mäßig, daß die Sonnenstrahlen noch bis zum Grunde des Sees dringen können, so kann auch von richtiger profundaler Flora und Fauna keine Rede sein. Aber immerhin besitzen einige Alpenseen solche Tiefen, bis zu denen kein Lichtstrahl mehr dringt, so daß dort die Möglichkeit der Assimilation für die Pflanzen nicht mehr gegeben ist, die eigenes Blattgrün besitzen. Und dieses Fehlen grüner Pflanzen bestimmt eigentlich den Beginn der Tiefseeregion. Ist hier nicht zugleich schon

der Seegrund, so beherbergen die dazwischenliegenden Schichten nur eine verschwindende Zahl von Formen, die man als abyssale Formen bezeichnet. Diese kommen natürlich für einen See nur selten in Betracht.

Wenn wir nun die physikalischen Verhältnisse ins Auge fassen, um uns auch hier die Lebensbedingungen der Bewohner dieser Region klar zu machen, so finden wir ein ewiges Einerlei. Es dringt ja kein Lichtstrahl mehr in diese Tiefen, darum ist es unten düstere Nacht, wenn auch oben der sonnenklarste Tag überm See liegt. Dazu ist bis zur Tiefe ein völliger Temperaturausgleich durch die Schichten hindurch erfolgt; ob also die Sommersonne ihre glühenden Strahlen auf die Seefläche sendet, oder ob eine dicke Eisrinde den ganzen See überzieht — hier unten herrscht immer dieselbe Temperatur. Und nicht einmal der wütendste Sturm, der oben die Wogen peitscht, vermag in das Einerlei der Tiefe Abwechslung zu bringen; denn die Wellenbewegung flaut mit zunehmender Tiefenlage gar bald ab, da die unteren Schichten wie ein Polster den Stoß der von oben drängenden Wellen aufnehmen und so die Bewegung hemmen. Zu diesen jeder Abwechslung entbehrenden Verhältnissen kommt noch der beträchtliche Druck der über dem Grunde lagernden Wassermassen.

Verlockend sind also die Lebensbedingungen nicht, die sich aus all diesen Umständen ergeben. So nimmt es nicht Wunder, wenn die Reichhaltigkeit der Organismenwelt in dieser Region weit hinter der der oberen Schichten, beziehungsweise gar der Uferregion zurückbleibt. Natürlich kann es sich nur um gar wenig Gattungen handeln, die hier noch anzutreffen sind. Grüne Pflanzen müssen ja fehlen; so können sich hier nur noch solche finden, die kein Sonnenlicht zur Assimilation benötigen: Pilze und Oszillarien bilden daher mit einigen Kieselalgen die Hauptvertreter der Flora. Bodenuntersuchungen der Tiefe haben gezeigt,

daß der Seegrund zumeist mit feinem Schlamm bedeckt ist, an dessen Bildung die Schalen der untersinkenden Kieselalgen in hervorragendem Maße beteiligt sind. Diese Überreste abgestorbener Diatomeen sinken natürlich aus der Oberfläche und allen anderen Schichten herunter, so daß als Organismen des profundalen Benthos nur die noch lebenstätigen Kieselalgen angesehen werden dürfen. Welche Bedeutung solche Ablagerungen von Diatomeenpanzer erlangen können, zeigen die Lager von „Kieselgur", die ja nichts anderes sind als Kieselschalen aus früheren Epochen.

Nun müssen wir uns fragen: ist denn dort, wo der Pflanzenwuchs so spärlich ist, überhaupt noch Ernährungsmöglichkeit für tierische Organismen? Käme es auf die in diesen Tiefen selbst produzierte Nahrung an, so würden sich wohl die denkbar ungünstigsten Verhältnisse in dieser Beziehung ergeben. Aber hier greifen die oberen Schichten helfend ein: zahllose Organismen gehen in höheren Wasserlagen zugrunde und sinken in die Tiefe; sie werden zur Nahrung für die unten lebenden Tierchen. Wenn es also solchen überhaupt möglich ist, sich den übrigen Lebensbedingungen anzupassen, so finden sie auch ausreichende Nahrung. Auch haben die wenigen bisher angestellten Untersuchungen ergeben, daß sich noch freier Sauerstoff in solchen Tiefen findet, somit ist auch tierische Atmung möglich. Trotzdem werden wir natürlich keine besonderen Erwartungen an die Reichhaltigkeit knüpfen.

Was uns eine — nicht gar leicht zu erreichende — Probe aus der Tiefe an tierischen Organismen zeigt, läßt sich zum größten Teil mit einem Worte charakterisieren: Schlammbewohner. Dem tiefen Seegrunde fehlt es ja sogar an Erhebungen, der Boden ist zumeist abgeglichen, höchstens ein wenig wellig, so daß zum Festsetzen keine Gelegenheit ge-

geben ist. Die meisten Vertreter gehören darum zu den Protozoen, und zwar zu den Rhizopoden und Wimperinfusorien. Hier mögen dann noch die ganz charakteristischen weiteren Formen erwähnt werden, welche wieder zeigen, wie sich Organismen den Bedingungen ihres gewählten Aufenthaltsortes anzupassen vermögen. Da finden sich auch einige Crustaceen in diesen Tiefen, z. B. eine Cyclopsart, die das Lichtsinnesorgan verloren hat. In seiner Gesellschaft wurde auch der blinde Brunnenkrebs (Niphargus puteanus) gefunden, der auch sonst nur im Dunkeln lebt. Nun, nachdem wir schon bei der Durchsichtigkeit der Hochseeformen auf ein wichtiges Prinzip der Natur geführt wurden, ist uns das Fehlen der Augen bei Organismen der Tiefenzone ohne weiteres klar: das Auge ist in dieser Dunkelheit außer Funktion gesetzt, wird daher als überflüssig rückgebildet. Wer erinnert sich da nicht zahlreicher Beispiele aus der uns umgebenden großen Natur, die ganz ähnliches zeigen? Wie oft haben wir gehört oder selbst gesehen, daß z. B. der Maulwurf nur noch zum Sehen unbrauchbare Überreste von Augen — Rudimente heißt man das — besitzt. Hier aus dem Studium der Kleinlebewelt des Sees wird uns der tiefe Grund dieser Erscheinung — ja ich möchte sagen die Notwendigkeit — derselben klar.

Darum sehen wir uns nochmal in der Formenwelt der Tiefe um; vielleicht hat sie uns noch mehr zu sagen — auch wenn wir den Kreis der mikroskopischen Organismen, auf den wir uns so mehr festgelegt haben, hier einmal verlassen müssen. Wir sehen da mit Befremden unter den Tiefenbewohnern eine Lungenschnecke, die der Fang enthält. Jeder Aquarienliebhaber weiß nun, daß diese Tierchen zum Atmen an die Oberfläche des Wassers kommen, um sich die Luftsäcke mit atmosphärischer Luft zu füllen — also gar nicht den im Wasser enthaltenen Sauerstoff

atmen. Bei den tiefenbewohnenden Schnecken ist es nicht mehr möglich, an die Oberfläche zum Atemholen zu steigen. Nun hat Professor Pauly solche Schnecken näher untersucht und gefunden, daß diese ihre Atemsäcke mit Wasser füllen und somit eine ganz andere Art der Atmung gelernt haben.

Seit ich all diese Anpassungserscheinungen an die so grundverschiedenen Lebensbedingungen in den einzelnen Regionen eines Sees verstehen lernte, bin ich oft sinnend am blauen Alpensee gesessen und ließ all die Bilder aus dem Leben dieser winzigen Wesen, die der See beherbergt, vorm geistigen Auge vorüberziehen. Ich verfolgte da einen Cyclops zwischen den Schilfstengeln des Ufers, trotz seiner Ruderarme dem kräftigen Wellenschlage machtlos preisgegeben. Seine starke Körperumhüllung schützt ihn nun gar gut beim Anprallen an all die Hindernisse, an denen das Ufer so reich ist. Eine Welle trägt ihn hinaus in die freie Seefläche — führt ihn vielleicht nicht wieder zurück. Nun heißt es ruhelos zappeln und rudern, dadurch kräftigen sich die Schwimmwerkzeuge und werden auch länger. Hier außen aber ist kein Anschlagen mehr an fremde Körper — was soll da die kräftige Hülle? Die Natur ist nun gar sparsam mit ihrem Material — vielleicht schon bei den nächsten Nachkommen legt sie den „Panzer" nicht mehr so dicht und kräftig an und lassen wir das einige Generationen sich forterben, so ist der bemerkenswerte Unterschied gegen die ursprüngliche Anlage da. In ruheloſem Wandern durchstreift er Tag für Tag die Schichten des Sees — solange das kurze Leben Zeit gibt. Entläßt er einmal seine Jungen in tiefen Schichten, damit sie nun selbst ihre Wanderung beginnen, so mag wohl eines vorwitzig in noch tiefere Regionen steigen — leben läßt sich's auch hier — aber ewig dunkel ist es; was sollen die Augen? Wenige Generationen — und die Augen sind verschwunden. — — Uferform — Hochseeform —

blinde Tiefenform — im Wasser lebt sich's so schnell, und rasch folgen sich die Generationen! Wie lange währt es, bis sich die eine Art von der anderen geschieden?

Dann schweift der Blick hinüber zum grünen Ufer, das einst auch dem See zum Spielplatz seiner Wogen gedient, jetzt von Pflanzen bestanden ist, die als „Verlandungspflanzen" auch ihre Sprache reden von Vorfahren, die vor wenig Generationen noch im Seegrund wurzelten. Und von hier durchfliegt der Geist Gruppe um Gruppe im Tierreich, die in so herrlich aufsteigender Linie zeigen, wie überall in der Natur ein großes Prinzip organisiert hat: das Prinzip der Anpassung an die Lebensbedingungen. Hier der klare Bergsee hat uns dieses Prinzip verstehen gelehrt durch seine Bewohner, von denen unser freies Auge keine Spur wahrnimmt.

Und doch haben wir dem See noch nicht alles abgelauscht. Wir haben die interessantesten Anpassungserscheinungen:

die Schwebeanpassungen des Plankton

bei den vorausgegangenen allgemeinen Betrachtungen zurückgestellt. Sie sollen uns jetzt beschäftigen. Natürlich kann in dem gebotenen Rahmen nur das Wesentlichste aus der Fülle der Erscheinungen herausgegriffen werden. Bei der Wichtigkeit des Schwebevermögens für die ganze Planktonwelt ist ja von vornherein zu erwarten, daß sich die einzelnen Organismen, entsprechend ihren „Fähigkeiten", in verschiedenster Weise für diese eigenartige Lebensbedingung eingerichtet haben.

Vom rein physikalischen Standpunkt aus, der vielleicht am einfachsten den Schlüssel zum Verstehen der einzelnen Erscheinungen gibt, lassen sich die Planktonten in zwei große Gruppen teilen: solche,

deren spezifisches Gewicht gleich oder wenigstens nahezu gleich dem des Wassers ist, und solche, die spezifisch schwerer sind als das Wasser. Gerade für letztere Gruppe kann die Bezeichnung „Schwebewesen" im *physikalischen* Sinne nicht mehr gelten, denn *schweben* heißt: in einer Flüssigkeit an jedem Punkte im Gleichgewicht sein. Daraus ergibt sich, daß ein Körper in einer Flüssigkeit dann *schwebt*, wenn sein spezifisches Gewicht gerade *gleich* dem der Flüssigkeit ist. Es erwächst somit die geringste Schwierigkeit in dieser Hinsicht für die Organismen, die eben so schwer sind als das gleiche Quantum Wasser. Sie werden vom Wasser getragen wie ein Luftschiff auch in bestimmter Höhe gerade *schwebt*: nämlich dort, wo das gesamte Gewicht des Ballons gleich dem der verdrängten Luftmasse ist.

Wenn man nun von diesem Standpunkt aus die einzelnen Formen der Seebewohner betrachtet, so findet man eine vorherrschende Tendenz durch diese *ganze* Schwebewelt: die der Verringerung des spezifischen Gewichtes. Es frägt sich nur, ob diese Tendenz auch für die Wesen Vorteile bringt, deren Gewicht mit dem des Wassers übereinstimmt. Die Antwort gibt wieder eine physikalische Überlegung. Die freie Seefläche ist der Sonnenstrahlung schutzlos preisgegeben; also kann die ganze von den Sonnenstrahlen zugeführte Wärme zur Erwärmung des Wassers verwendet werden. Mit zunehmender Temperatur sinkt aber das spezifische Gewicht des Wassers. Wenn nun ein Schwebewesen vielleicht bei normaler Seetemperatur — als welche etwa die des Jahresdurchschnittes betrachtet werden mag — das nämliche spezifische Gewicht hat wie das Wasser, so müßte es mit zunehmender Tageswärme schwerer werden als das unmittelbar umgebende Wasser, welches ja immer leichter und leichter wird, je höher die Sonne steigt. Dann hätte das *Schweben* bald ein Ende: ja das Wesen würde

gerade in der Zeit des günstigsten Lichtgenusses unter-sinken. Dies mag von Vorteil sein für die lichtscheuen Vertreter im See, deren Zahl nicht gering ist, wie wir noch sehen werden; aber speziell für pflanzliches Leben ist ein bestimmter Lichtgenuß geradezu Lebens-notwendigkeit. So ergibt sich die große Bedeutung der Fähigkeit, das spezifische Gewicht zu regulieren.

Gar mannigfach sind die Mittel, deren sich die einzelnen Wesen zu diesem Zwecke bedienen. Eines der häufigsten ist die Zuhilfenahme einer Aussonderung des Körpers, die leichter ist als Wasser und als Gallerte bezeichnet wird. Es ist eine ganz eigenartige interessante Erscheinung, daß im Tier- wie im Pflanzen-reich die Fähigkeit Gallerte auszuscheiden, überall dort vorhanden ist, wo ein Bedürfnis danach besteht. Und daß dieses Bedürfnis bei den Wesen, die schweben wollen, ganz besonders ausgeprägt ist, haben uns die bisherigen Betrachtungen schon gezeigt. Sehen wir uns nun unter den Planktonten näher um, so finden wir eine Reihe von Formen, an denen sich diese Anpassungserscheinung studieren läßt. Besonders schöne Beispiele, die uns noch anderwärts beschäftigen werden, bieten hier die Volvocineen, deren schönster Vertreter, das „Kugeltierchen" Volvox, in warmen flachen Seen als Uferform nicht allzu selten ist. Die einzelnen Zellen dieses herrlichen Wesens, das besonders für angehende Mikroskopiker eine ent-zückende Augenweide bildet, sind zu einer Kolonie vereinigt, die durch Gallerte zusammengehalten wird. Eine solche Kugel erreicht mitunter die Größe eines halben Millimeters im Radius und wird somit auch dem unbewaffneten Auge sichtbar. Betrachtet man die winzigen Zellen selbst, so erkennt man schon an dem geringen Innenraum, der mit Blattgrün ausgefüllt ist, daß ein Schweben ohne weitere Hilfsmittel nicht gut möglich wäre. Der Zusammenschluß aber durch die schleimige Gallerthülle macht das Ganze gerade so

schwer als das Wasser. Ändert sich nun mit zunehmender Temperatur die Tragfähigkeit des Wassers, so kann durch gesteigerte Gallertbildung ein Untersinken verhindert werden.

Wo Volvox selbst fehlt, ist vielleicht einer seiner nächsten Verwandten vertreten, die sich in den meisten Seen finden, wenn sie auch nicht so groß und auffallend sind: **Pandorina morum** oder **Eudorina elegans**. Die Betrachtung dieser schönen Formen, die im fixierten Material so unscheinbar sind, kann im lebenden Material nicht genug empfohlen werden; sie ist eine Quelle nicht nur ästhetischen Genusses, sondern auch der Anregung zum Studium der so eigenartigen Bewegungen dieser Wesen.

Schließen nun beim Volvox die Zellen ihre Gallertabsonderung zwischen sich, daß es scheint, als seien die grünen Körperchen auf die Schleimkugel aufgeklebt, so zeigen wieder andere Formen die umgekehrte Anordnung: die Gallerthülle umschließt ganz oder teilweise die eigentlichen Organe.

Mit diesen bedienen sich Vertreter aus dem Tierreich der gleichen Schwebevorrichtung. Vielleicht genügt es, aus der großen Reihe der Beispiele hierfür ein interessantes Rädertierchen herauszugreifen, das als **Conochilus volvox** bezeichnet wird, weil es Kolonien bildet, die Volvoxkugeln nicht unähnlich sind (siehe Abb. 19). In 5 bis 12 Stück leben diese Tierchen in einer gemeinsam ausgeschiedenen Gallertmasse zusammen, in welcher sie sich mit den „Füßen" festkleben. Mit vereinten Kräften rudert dann diese Kugel in rollender Bewegung durch das Wasser.

Wenn nun bei diesen Formen die Gallertabsonderung mit Kolonienbildung Hand in Hand ging, so folgt daraus nicht etwa, daß einzeln lebende Individuen für sich nicht imstande wären, sich dieses Schwebemittels zu bedienen. Schon einer der nächsten Verwandten des eben betrachteten Rädertierchens,

Conochilus natans, lebt einzeln, bildet sich aber eine weite Hülle um den zarten Leib, die ihn schwebend erhält.

Eine andere Einrichtung, die nicht die Bildung eines eigenen Stoffes verlangt, haben jene Wesen getroffen, bei welchen durch Aufquellen der Gewebe eine größere Wasserverdrängung bewirkt wird. Wohl ist diese Erscheinung nicht allzu häufig, wenn sich die aufgetriebenen Zellen nur mit Wasser füllen. Lagern sich aber noch Gasbläschen in die so gebildeten Hohlräume, so kommt es zur sogenannten Vakuolenbildung, einer Schwebeanpassung, die sich vielfach findet. Als Beispiel mögen hier aus dem Süßwasser die Wurzelfüßler dienen, die, obwohl Schlammbewohner, nicht selten im Fang sind. Besonders Arcella und Difflugia kommen hier in Betracht, da bei ihnen in dem feinen glasartigen Protoplasmakörper die Vakuolen deutlich sichtbar werden. Auch bei vielen anderen Schwebewesen, deren Vorrichtungen gegen das Untersinken nicht sofort klar sind, dürfte die Vakuolenbildung eine Rolle spielen, da bei vielen schon die Körperform darauf hinweist. Ich erinnere hier nur an das Rädertierchen Asplanchna, deren sackförmiger Körper die Verwendung von Gas- beziehungsweise Luftvakuolen sehr wahrscheinlich macht, wenn man auch über die Schwebeeinrichtungen dieses Tierchens sonst noch im Unklaren ist.

Überhaupt scheint die Zuhilfenahme leichter Substanzen, die ins Innere des Organismus eingelagert werden, noch viel mehr verbreitet zu sein als die Umhüllung des Körpers mit leichtem Schleim. So finden sich besonders zwei Stoffe gar häufig verwendet: Fett und Öl; letzteres zum Teil wieder als Absonderung aus Fettmassen, zum Teil als Assimilationsprodukt.

Daß Einlagerung von Fettsubstanz speziell tierische Körper leichter macht, ist ohne weiteres klar.

Darum findet sich gerade bei den Planktonwesen, die auf relativ hoher Stufe der Organisation stehen: den Crustaceen und teilweise den Rädertierchen, die Fettbildung sehr vielfach vor. Meist geht sie dann Hand in Hand mit Absonderung von Öltröpfchen, die an der eigenartigen Lichtbrechung unschwer zu erkennen sind. Diese Fett- beziehungsweise Ölabsonderungen sind Produkte der Organe, die dem Stoffwechsel dienen. Somit ist die Schwebefähigkeit eines Organismus mittelbar abhängig von der Ernährung, woraus wiederum folgt, daß ein solches Wesen beträchtlicher Nahrungsmengen bedarf, nur um sich schwebend zu erhalten. Von der eigenartigen Färbung, die das eingelagerte Fett zuweilen annimmt, war schon die Rede.

Interessanter noch als die Ölbildung aus dem Fett ist die Produktion von Öltröpfchen bei Assimilation von pflanzlichen Organismen. Bekanntlich bilden die Pflanzen, welche mit Hilfe der Chlorophyllkörperchen die aus der Luft aufgenommene Kohlensäure assimilieren, als eines der ersten Produkte die charakteristischen Stärkekörnchen. Nun hat sich gezeigt, daß Stärke spezifisch schwerer ist als Wasser. Für die Pflänzchen also, die mit Blattgrün assimilieren, bedeutet dieser wichtige Lebensstoff „Stärke" zugleich Ballast, der durch andere Schwebevorrichtungen getragen werden muß. Da haben nun die Kieselalgen auf die Stärke verzichten gelernt und bilden als Assimilationsprodukt die ganz typischen Öltropfen, die jedem sofort auffallen, der eine gesunde Diatomee betrachtet. Allerdings haben diese niedlichen Pflänzchen kein reines Chlorophyll — sie erscheinen gelbbraun, da ihr Farbstoffkörper, der Chromatophor, das Xanthophyll, enthält. Die Kieselalgen machen sich somit das Öl in doppelter Weise nutzbar; es ist Lebensstoff, der zum Aufbau des Protoplasmakörpers dient, und hilft den ganzen Organismus schwebend erhalten.

All' diese Vorrichtungen haben eines gezeigt: diese Formen sollen möglichst viel Wasser verdrängen, um den Auftrieb zu steigern. Da das Verdrängen des Wassers hauptsächlich von der Oberfläche des eintauchenden Körpers abhängig ist, so sehen wir eine einfache Gesetzmäßigkeit aus dem Bau der so betrachteten Planktonorganismen hervorgehen: die Notwendigkeit des Schwebens bedingt bei vielen Formen eine Vergrößerung der Oberfläche. Und hierzu führt auch ganz natürlich die Einlagerung leichter Substanzen im Innern, da zu diesem Zwecke eine Erweiterung der Innenräume notwendig ist, die zu einer Art Aufblähung des Körpers führt.

Doch wenn wir nun andere Formen, die ein Fang geliefert hat, von diesem Standpunkt aus betrachten, so zeigt sich mitunter das Gegenteil: Körper, die große Oberfläche besitzen sollen, denken wir uns unwillkürlich als aufgeblähte Kugeln und doch zeigt schon ein Tropfen aus dem gesammelten Material einige ganz flache Scheibenformen. Ist das nicht ein Widerspruch?

Ein einfacher Versuch, den wir vielleicht als Kinder schon im Spiel gemacht, soll uns hier Antwort geben. Wir schleudern einen möglichst flachen breiten Stein recht schräg gegen eine Wasserfläche. Dann sehen wir, daß das Steinchen gar langsam in einer Spirallinie untersinkt. Ist das Wasser bewegt, so kann man beobachten, wie das fast wagrecht liegende Plättchen von seitlich kommenden Wellen wieder etwas gehoben wird, dann in seiner Spirale weitersinkt, wieder etwas emporkommt und so ganz allmählich in der Tiefe verschwindet. Die Oberflächenspannung zusammen mit der beträchtlichen Reibung in dieser breiten Fläche hindert ein rasches Sinken — trotzdem der Stein beträchtlich schwerer ist als das gleiche Quantum Wasser. Wenn nun ein Kleinwesen ohnehin nicht viel schwerer ist als Wasser

und sich auch noch die Kräfte nutzbar macht, die eine „Tellerform" auslöst, so mag ihm das Schweben nicht allzuviel Schwierigkeit machen.

Nun verstehen wir die Formen so vieler Kieselalgen des Planktons, die aus ihrer Diskusform alles erklären. Einer der häufigsten Vertreter ist **Cyclotella comta**, die in nur wenigen Seen fehlen dürfte.

Doch das interessanteste Beispiel in dieser Hinsicht bildet die schöne Sternchenalge **Asterionella gracillima**, die uns schon einmal beschäftigt hat. Betrachten wir sie nämlich, noch in lebendem Material, unmittelbar nach dem Fang bei schräger Beleuchtung oder noch besser im Dunkelfeld, so zeigt sich ein eigenartiges Bild. Zwischen den feinen Stäbchen, die gewissermaßen die Strahlen des Sternchens bilden, ist ein feines Häutchen gespannt, das bis zu den vorderen Enden reicht. Dieses Häutchen ist Gallerte, die aus den Zellen austritt und durch die Oberflächenspannung weiter ausgezogen wird. So bildet das Ganze ein ungemein graziöses Scheibchen, das nun im Spiel der Wellen auf- und niederschwebt. Das kleine Wesen zeigt uns auch die Zweckdienlichkeit der Vereinigung mehrerer Zellen zu einer Kolonie. Hier ist nun die Sache so: eines der Radialstäbchen gründet die Kolonie, indem es sich der Länge nach teilt und mit der so erzeugten Tochterzelle durch ein Gallertklümpchen in Verband bleibt. Bei weiterfolgenden Teilungen kleben sich die neuen Zellen wieder an, bis das Sternchen geschlossen ist. Weitere Gallertabsonderung bildet dann das schon besprochene Häutchen.

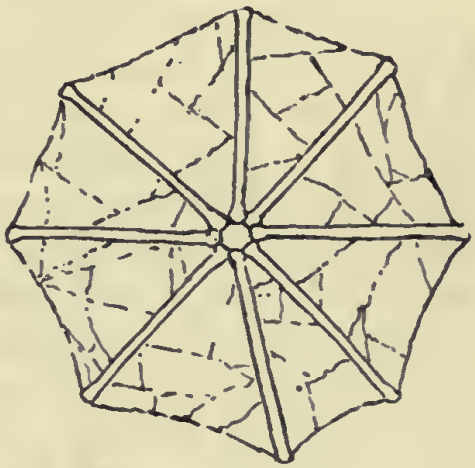


Abb. 3. Asterionella gracillima. (Nach Steuer.)

Bei so vorzüglicher Einrichtung wundert es uns nicht weiter, wenn das Wesen nicht nur selbst schweben, sondern sogar einen Passagier mitnehmen kann, wie wir schon gesehen haben. Je nach Fundort zeigt sich noch ein winziges Ding auf Asterionella, ein Geißelzellchen von allerliebster Gestalt, das sich mitunter in großer Zahl dort ansiedelt. Es ist die Kragenmonade **Diplosiga**, die infolge ihrer Kleinheit leicht übersehen wird. Im Schliersee z. B. findet sie sich fast zu jeder Jahreszeit in größeren Mengen.

Haben nun diese Anpassungen hauptsächlich eine Verringerung des spezifischen Gewichtes und gemeinsam damit eine Ausnutzung der Oberflächenspannung zur Folge, so zeigt ein weiteres Eingehen auf einzelne Formen noch Einrichtungen, die lediglich auf Nutzbarmachung der Spannung an der Oberfläche eingestellt sind. Wir haben schon bei unseren ersten Betrachtungen an der Hand des Versuches mit der Nadel ein wichtiges Prinzip erkannt, das uns die Hörnerbildung am Hornzellchen, beziehungweise die langen Ausleger der Notholca erklärte. Da mögen hier nur noch einige Beispiele für diese allgemeine Einrichtung in der äußeren Form folgen, die am besten mit der Bezeichnung „Nadelansätze" bestimmt ist. Sind sie auch nicht überall so sehr ausgeprägt wie beim Ceratium oder bei **Notholca longispina** oder bei der Kieselalge **Rhizosolenia longiseta**, so ist doch in ihrer Anordnung das Prinzip unverkennbar. So findet sich nicht allzu selten eine Kieselalge **Attheya** (siehe Abb. 13), die nicht allzu lange Nadeln angesetzt hat, aber in der Verteilung dieser Fortsätze die Ausnutzung der Oberflächenspannung sofort ersehen läßt. Man wird sie am deutlichsten erkennen, wenn man den Tropfen, der Attheya enthält, auf dem Objektträger eintrocknen läßt.

Mit den Diatomeen und sonstigen Phytoplanktonten teilen sich dann hauptsächlich Rädertierchen und Krebschen in die Ausbildung von Nadelansätzen.

Die mit Notholca nahe verwandten Arten **Anuraea cochlearis** und **Anuraea aculeata** (s. Abb. 2) sind Beispiele hierfür und der lange Schalenstachel der Daphnia hat uns auch schon eingangs beschäftigt. Nur wäre hier zu beachten, daß bei Crustaceen und Rotatorien diese Schwebevorrichtungen allein nicht genügen würden; wir werden uns damit noch ein wenig beschäftigen.

Jedenfalls erhellt aus diesen Nadelansätzen, daß solch langgestreckte Fortsätze schon einem sonst gedrungenen Körper recht gute Dienste tun. Um so leichter muß dann wohl das Schweben sein, wenn der ganze Bau der einer Nadel ist. Als Uebergang hierzu können wir die schon erwähnte Rhizosolenia betrachten, deren feine Ausleger sich an einem sehr schlanken Körper ansetzen. Vergleichen wir nun mit ihr eine im See sehr häufige Kieselalge: **Synedra acus**, so sehen wir, daß man dieser Spezies mit vollem Recht den Beinamen acus „Nadel" gegeben hat. Sie bildet in mehrfacher Hinsicht wieder ein lehrreiches Beispiel, denn in dieser Form findet sie sich in freier Seefläche. In Uferfängen aber, oder in Tümpeln werden wir sie vergebens suchen; hier kommt wohl eine nahe Verwandte, **Synedra ulna**, vor, die aber kürzer und breiter ist — denn hier schwebt sich's schon leichter als auf der Hochseefläche. Und wenn wir nun die Formen der Kieselalgen des Planktons durchmustern,

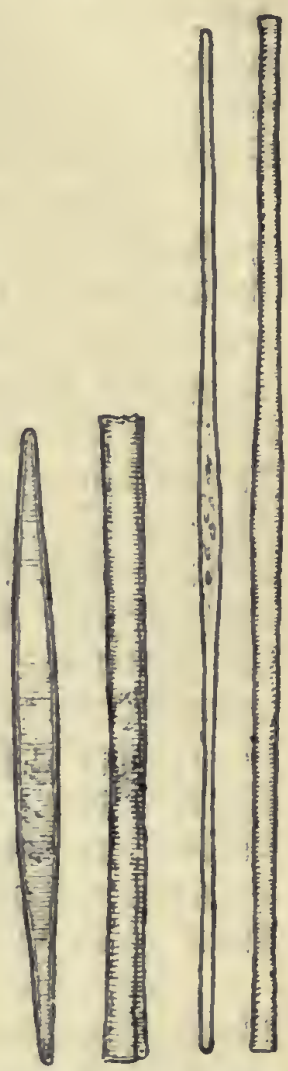


Abb. 4. Von links: Synedra ulna, Schalenseite, Gürtelseite; Synedra acus delicatissima, Schalenseite, Gürtelseite. (Schawo und Steuer)

so finden wir durchgehends die drei Prinzipien in der Formbildung: Teller- oder Scheibenform, Nadelform und Nadelansätze. Mit ihnen aber zeigt dann jedes Schwebewesen seine speziellen Anpassungen bezüglich der Form, so daß sich hier eine unerschöpfliche Quelle zu Vergleichen und Anregung zu tiefergehenden Untersuchungen bietet.

Denn wenn schon die rein physikalischen Verhältnisse des Wasserbeckens eine solche Fülle von Erscheinungen in der Körperbildung der Planktonten zur Folge haben, so kann man umgekehrt aus den einzelnen Anpassungserscheinungen Schlüsse ziehen auf die Lebensbedingungen, die all diese Erscheinungen hervorriefen. So wird dann auch klar, daß ein und dieselbe Gesetzmäßigkeit für die lebende wie für die leblose Materie gilt: das Gesetz vom Zusammengehen von Ursache und Wirkung. Wir haben insbesondere die Wirkung als Anpassung erkannt und sehen nunmehr abermals, daß dort, wo Ursache zu einer Änderung gegeben ist, mit Naturnotwendigkeit die Wirkung in Form einer Anpassung, also eine Änderung eintreten muß — daß aber, solange keine ändernde Ursache da ist, auch von einer Variation keine Rede sein kann.

Und nun müssen wir uns zum Abschluß dieser Betrachtungen jene Wesen näher besehen, deren spezifisches Gewicht ersichtlich höher ist als das des Wassers und zusehen, wie sich diese ihre schwebende Lebensweise ermöglichen. Hierher gehören besonders die Crustaceen und teilweise die Rädertierchen, also jene Formen, die unter den Seebewohnern zum Organisationsabschluß nach oben führen.

Wenn man lebendes Planktonmaterial im Sammelglase mit freiem Auge oder besser mit der Lupe betrachtet, so zeigt sich schon eine bestimmte Erscheinung: diese Wesen haben eigene Schwimmorgane; die Crustaceen ihre „Ruderarme", die Räder-

tierchen ihr eigenartiges Räderorgan. Wie der Aeroplan, der ja auch schwerer ist als die Luft, durch ein eigenes Organ, den Propeller, seine Tragfähigkeit erhält, so müssen diese Organismen des Planktons durch ständige Bewegung ihrer Ruderwerkzeuge getragen werden. Damit ist viel gesagt. Denken wir insbesondere an die Bewohner der freien Seefläche, für die es ein ganzes Leben lang nicht Rast noch Ruhe gibt, so können wir uns vorstellen, welche Arbeit ein solches Bewegungsorgan zu leisten hat! Das erklärt aber mit einem Male die unverhältnismäßige Ausbildung der zugehörigen Muskeln. Betrachten wir nur die Muskulatur der Ausleger eines schlanken Hüpferlings, so haben wir da geradezu ein Schulbeispiel für das Studium von Muskelfasern. In vollster Deutlichkeit zeigt sich da die Struktur, sowohl von längs- als von einigen quergestreiften Muskeln, wenn wir dann die Betrachtung über den ganzen Körper des Krebschens erstrecken. Doch muß uns die Ausdauer dieser Organe wundern, für die wir in der dem Willen unterstellten Muskulatur des Menschen gar keine Analogie finden. Nur die kolossale Arbeitsfähigkeit des Herzens hält meines Erachtens hier einen Vergleich aus.

Es ist nun sehr interessant, die Schwimmwerkzeuge der einzelnen Krebsgattungen zu vergleichen. Sind es bei den „Hüpferlingen", den Copepoden, mehr oder weniger lang ausgezogene fühlerartige Gebilde, die wie eine Peitsche ins Wasser schlagen, so finden sich bei den „Flohkrebschen", den Cladoceren, durchwegs gespaltene Ruderfühler oder Antennen, die an den Enden zumeist noch feine Fiederhärchen zeigen, die beim Schweben gar gute Dienste tun. Jede Art hat nun ihre eigene Form in den Antennen — aber aus jeder spricht die Zweckdienlichkeit auf den ersten Blick.

Ganz anders ist aber der Schwimmapparat der

Rädertierchen gestaltet. Nicht in die Willkür des Individuums ist seine Bewegung gestellt — sondern das Organ bewegt sich „automatisch", wenn es entfaltet ist. Nur das Einziehen oder Entfalten kann das Tierchen nach Belieben — vielleicht mehr reflektorisch — bewirken, aber die feinen Härchen, die am Ende des „Räderapparates" stehen und die Bewegung selbst bewirken, schlagen selbsttätig wie die Wimpern der Infusorien. Es macht einen ganz eigenartigen Eindruck, wenn man im Mikroskop diese fortwährende Bewegung der Flimmerhärchen sieht, ohne eine bewegende Muskulatur zu finden. Man war sich lange über die Art dieses Schlagens der Wimpern nicht klar und hat aus dem flüchtigen Schein die Ansicht von zwei sich gegeneinander drehenden Rädern entnommen, der ja die ganze Gruppe ihren Namen verdankt. Hat man sich aber einmal die Bewegung klar gemacht, so erkennt man auch, daß dieser Apparat ein ganz vorzügliches Schwimmwerkzeug ist, das wie eine Unzahl von Schrauben das Körperchen vorwärts treibt. Und aus der wichtigen Funktion heraus verstehen wir auch, warum es so gut geschützt ist, wenn es blitzschnell in den Körper zurückgezogen wird, oder wozu einzelne Formen (Anuraea, Notholca u. a.) eigene Stützen dafür ausgebildet haben.

Möge nun das, was hier aus der unendlichen Fülle der Erscheinungen in bezug auf Schwebeanpassungen herausgegriffen wurde, genügen, um die Grundlage zu weiteren eigenen Betrachtungen zu geben. Jeder Tropfen zeigt ja dem aufmerksamen Beobachter wieder neues, und wer sich die geringe Mühe nicht verdrießen läßt, das was das Auge sieht, auch zu überdenken, wird hier im Studium der Kleinwesen gar oft den Schlüssel für die Erklärung so mancher Erscheinungen aus der großen Natur finden.

Vor allem der Vergleich auffallender Äußerlichkeiten führt zu Resultaten, die überraschend schnell

und mitunter gar einfach ein kompliziert erscheinendes Problem lösen. Hat man z. B. Gelegenheit, einen See zu verschiedenen Jahreszeiten abzufischen und vergleicht einmal die Formen, die ein und dieselbe Spezies erst im Frühjahr, dann im Sommer und schließlich kurz vor Beginn der Eisbildung aufweist, so wird sich meist eine überraschende Erscheinung zeigen: diese nämliche Art hat nicht immer dieselbe Form — sie zeigt nicht nur Schwebeanpassungen, sondern ist auch noch den verschiedenen Jahreszeiten angepaßt! Man kennt diesen Vorgang, den man nunmehr als

Saisondimorphismus

bezeichnet, schon länger, hat sich aber erst in neuerer Zeit mit einem eingehenden Studium der Einzelheiten befaßt und dabei interessante und sehr beachtenswerte Beobachtungen gemacht. Natürlich weist nicht jede im Plankton vertretene Art solche Formunterschiede auf, die in der Jahreszeit ihre Erklärung finden, doch ist die Zahl der nach Saison dimorphierenden Wesen nicht gering; und mit fortschreitendem Studium dieser Eigenart wächst die Zahl derer, die solche Unterschiede zeigen. Es kann hier natürlich nicht Aufgabe sein, alles zu bringen, was die Forschung bisher an Resultaten erzielt hat — nur das Wesentlichste mag noch hier die Grundlage zu weiteren eigenen Beobachtungen bieten. Sie ergeben sich ja so ganz von selbst, wenn man sich gewöhnt hat, auf die Schwebeanpassungen im allgemeinen zu achten, denn Saisonänderungen gehen in allererster Linie aus der Notwendigkeit hervor, sich für andere Schwebebedingungen einzurichten.

Dies wird ohne weiteres klar, wenn wir uns aus vorausgehenden Betrachtungen zurückerinnern, daß das Wasser mit zunehmender Temperatur an Tragfähigkeit verliert, da das spezifische Gewicht und

vor allem die innere Reibung — die Viskosität — geringer wird. Spielt nun eine solche Temperaturänderung schon im Laufe eines Tages eine Rolle — wie wir bei der Betrachtung der Gallerte- und Ölabsonderung gesehen haben — so muß diese um so mehr Bedeutung erlangen, wenn es sich um so große Wärmeunterschiede handelt wie zwischen Sommer und Winter. Das heißt also im Winter ist die Tragfähigkeit des Seewassers im allgemeinen größer als im Sommer; das Frühjahr gibt den Übergang von größerer Tragkraft zu geringerer, während der Herbst wieder zu günstigeren Bedingungen in dieser Hinsicht überleitet. Die notwendige Folge für anpassungsfähige Planktonten ist dann, sich von der Schneeschmelze aufwärts besser für das Schweben einzurichten, im Sommer dann die größten Anstrengungen in diesem Sinne zu machen, um im Herbst wieder mehr und mehr zurückzubilden, was zuvor mühsam geschaffen wurde.

Liefert nun auch die Beobachtung entsprechendes Belegmaterial für diese mehr theoretischen Überlegungen?

Folgen wir auch hier wieder einem Schwebewesen, das uns schon vieles lehrte, dem niedlichen „Hornzellchen" **Ceratium hirundinella**, das wohl in keinem See fehlt. Im Winter werden wir es, wenn überhaupt, nur in wenigen Exemplaren finden. Betrachten wir aber die Winterform näher und legen auch mit Hilfe eines Mikrometers die Maße fest, so werden wir finden, daß die Hörnchen fast durchwegs in Dreizahl angelegt und auffallend kurz sind. Meist stehen auch diese Ansätze nur wenig ab, sind mitunter sogar parallel. Entnehmen wir nun diesem gleichen See im Frühjahr eine Planktonprobe, so zeigt sich in den Formen des **Ceratium** schon ein Unterschied: das Mikrometer ergibt eine Längenzunahme der Hörnchen und zum Teil zählen wir vier solcher Ansätze, die

überdies etwas weiter vom Mittelkörper abstehen. Untersuchen wir dann im Hochsommer eine Probe, so sind wohl die dreihörnigen Formen vollständig verschwunden: vier ziemlich weit abstehende, mitunter ungewöhnlich lange Hörnchen sagen uns, daß das wohldurchwärmte Wasser die größten Anforderungen an die Anpassungsfähigkeit stellt. Wenn dann die Tage wieder beträchtlich kürzer geworden sind, zeigt uns ein weiterer Fang, daß die vierhörnigen gegenüber den dreihörnigen Formen wieder zurückgetreten und auch die Ausleger selbst kürzer geworden sind.

Nun sehen wir uns auch unter den übrigen Gruppen unserer Seebewohner näher um. Da fällt ein Rädertierchen auf, das uns auch schon ein wenig beschäftigt hat, das hübsche „Stutzrädchen" **Anuraea cochlearis**, das auch manches zu erzählen weiß von Schwebeanstrengungen, die der Sommer erfordert, nur findet sich da die umgekehrte Erscheinung gegenüber dem Hornzellchen. **Anuraea** wird nämlich mit zunehmender Wasserwärme kleiner und reduziert den rückwärtigen Schalenstachel bis zum Verschwinden. Dies mag für den ersten Augenblick überraschen, wird aber auch erklärlich, wenn wir das Verhältnis des Körperinhaltes zur Körperoberfläche mit zunehmendem Durchmesser verfolgen. Gehen wir am einfachsten von der Kugelform aus, so zeigt eine einfache Berechnung, daß die kleinere Kugel eine relativ größere Oberfläche hat als die Kugel mit größerem Durchmesser. Z. B. die Kugel mit 1 Zentimeter Radius hat zirka 4 Kubikzentimeter Volumen und zirka 13 Quadratzentimeter Oberfläche; die Kugel mit 2 Zentimeter Radius nun besitzt zirka 32 Kubikzentimeter Volumen und zirka 50 Quadratzentimeter Oberfläche; die Einzentimeter-Kugel hat also im Verhältnis zum Volumen eine größere Oberfläche als die Zweizentimeter-Kugel. Bei **Anuraea** bedeutet somit die Verringerung der Körpergröße eine relative Vergrößerung

der Oberfläche. Und so erklärt sich denn, daß die langdornigen großen Formen des „Stutzrädchens" charakteristisch sind für den Winter, die kleineren kurzdornigen, oder Formen ohne hinteren Panzerstachel im Sommer vorkommen. Der sofort in die Augen springende Unterschied hat zu einer eigenen Bezeichnung der Hauptformen geführt, aus denen dann die Zwischenformen „in Reihen" abgeleitet werden. So unterscheidet man die Tecta-, Hispida- und Irregularis-Reihe.

Abb. 5. Hyalodaphnia cristata. a) Sommerform, b) Herbst-, c) Winterform. (Nach Steuer)

Es sei nun, um allzu hohen Erwartungen in dieser Beziehung vorzubeugen, gleich bemerkt, daß im Saisondimorphismus oder in der Temporalvariation — wie dies auch bezeichnet wird — der beiden Formen **Ceratium** und **Anuraea** nicht etwa eine absolute Gesetzmäßigkeit liegt, der diese Wesen folgen müssen. Das Gesagte gibt nur das Schema an; die wirklich erfolgenden Änderungen sind aber noch von so vielerlei Nebenumständen abhängig, daß in einzelnen Seen ein ganz anderes Bild zum Vorschein kommen kann. Hier hat eben die Forschung noch ein weites Gebiet vor sich, auf welchem der ernst arbeitende Amateur durch Materialsammeln und systematische Beobachtung wertvolle Dienste leisten kann.

Verfolgen wir nun die Erscheinungen der Temporalvariation weiter, so finden wir besonders bei einigen Cladoceren auffallende Formänderungen. Eine Daphnide, die **Hyalodaphnia cristata**, trägt im Sommer einen ausgesprochenen „Helm", während im Winter das Köpfchen abgerundet ist; dabei hat auch

die Sommerform einen verhältnismäßig langen Schalenstachel gegenüber den Winterformen. Im Herbst, beziehungsweise Frühling finden sich dann die Übergangsformen. Hier ist uns nach unseren Überlegungen bei den Schwebeanpassungen die Bedeutung ohne weiteres klar: die geringere innere Reibung des im Sommer erwärmten Wassers hat eine Erweiterung der Schwebevorrichtungen bedingt, die den eigentlichen Schwimmwerkzeugen zu Hilfe kommen müssen.

Bei einer anderen Daphnide, der **Ceriodaphnia pulchella**, ist wieder eine Verminderung der Körpergröße im Sommer beobachtet worden, was mit dem schon betrachteten Vorgang bei **Anuraea** eine relative Vergrößerung der Oberfläche gemeinsam hat.

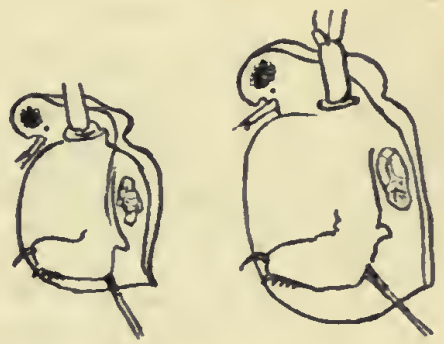


Abb. 6. Ceriodaphnia pulchella. Links Sommerform, rechts Herbstform; bei gleicher Vergrößerung. (Nach Steuer)

So ließe sich eine Reihe weiterer Beispiele anführen; doch mögen die gegebenen genügen, um im allgemeinen die schematischen Regeln erkennen zu lassen, nach welchen die zeitlichen Variationen vor sich gehen: sie stimmen im wesentlichen mit den Grundzügen der Schwebeanpassungen überein und lassen neben dem Bestreben, das spezifische Gewicht zu verringern, vor allem eine Tendenz erkennen: Vergrößerung der Oberfläche mit Nutzbarmachung der Oberflächenspannung. Dies wird erreicht durch Verringerung der Körpergröße, was eine relative Vergrößerung der Oberfläche zur Folge hat, wie das Beispiel der Kugel gezeigt hat und durch Bildung von „Nadelansätzen".

Mag hier über die Beobachtung des Saisondimorphismus noch eine Bemerkung angegliedert sein.

Nicht jeder See ist hierzu geeignet, wenn man recht typische Veränderungen sucht. Diese werden sich großenteils in weiten und relativ tiefen Seebecken zeigen, während kleinere Seen mitunter ganz eigenartige Abweichungen vom Schema aufweisen. Immerhin bieten auch Seen von geringerer Ausdehnung des Interessanten und Lehrreichen genug, wenn man ein volles Jahr hindurch in bestimmten Zeitabständen Material sammelt und die Fänge vergleicht.

Verfährt man beim Fischen nach ganz exakter Methode, indem man immer mit dem nämlichen Netz sammelt und dasselbe stets gleiche Zeit im Wasser führt, so bekommt man die Grundlage zu einer weiteren interessanten Beobachtung: die Fangergebnisse zeigen zu verschiedenen Jahreszeiten noch ganz verschiedene Quantitäten und im Mikroskop zeigt sich dann auch, daß bald diese, bald jene Form in großen Mengen vorkommt, die in anderen Fängen wieder völlig zurücktritt, wenn nicht ganz verschwindet. Diesen letzteren Unterschied zeigen natürlich auch jene Züge, die nicht so exakt ausgeführt sind; einen Überblick über die Quantitäten aber ergeben nur jene Fänge, die stets in gleich langer Zeit mit dem nämlichen Netz ausgeführt sind. Auch diese bieten dann nur einen ungefähren Überblick; will man genaue Angaben, so bleibt nichts anderes übrig, als immer ein bestimmtes Volumen Wasser durchzuseihen und das Ergebnis mühsam abzuzählen.

Als man auf diese Unterschiede in Quantum und Inhalt, die mit der Jahreszeit periodisch wechseln und daher als

Periodizität der Planktonten

bezeichnet werden, näher einzugehen begann, hat man auch diese ungemein mühevolle und zeitraubende Methode des Zählens angewendet und damit sogar einen zahlenmäßigen Überblick über die Verteilung der

Formen auf die Jahreszeiten geschaffen. Es kann hier natürlich unsere Aufgabe nicht sein, den verdienstvollen Forschern auf diesem Wege zu folgen *). Wir wollen uns vor allem die Tatsachen vor Augen führen.

Was die Quantitäten der einzelnen Fänge betrifft, so ergibt wohl schon eine einfache Überlegung, daß die größte Anzahl von Planktonwesen in der „günstigsten" Jahreszeit erhalten wird, während unter der Eisdecke kaum Lebewesen in allzu großer Zahl vorkommen dürften. Nun ist es ja richtig, daß Fänge, die einem zugefrorenen See entnommen sind, dessen Eisschicht man durchbrochen hat, im allgemeinen geringe Planktonquantitäten aufweisen. Dies gilt vor allem von solchen Seen, die jeden, oder wenigstens fast jeden Winter zufrieren. Solche Seen aber, die nur selten von einer Eisdecke überzogen sind, weisen auch im Winter ganz beträchtlichen Planktongehalt auf, der nach Kubikzentimeter gemessen hinter dem der Sommermonate nicht viel zurücksteht. So haben im Winter 1909 die Fänge aus dem Tegernsee, der nicht alljährlich zufriert, ganz beträchtliche Mengen ergeben, die manche Herbstresultate übertrafen. Nur ist da bezüglich der einzelnen Gattungen ein beträchtlicher Unterschied.

Es frägt sich also, was man hier unter „günstigster" Jahreszeit zu verstehen hat. Und da zeigt sich nun die auffallende Erscheinung, daß ein und dieselbe Zeit für eine Gruppe der Planktonwesen die günstigste, für eine andere die ungünstigste ist, so daß die eine Gattung im Fang in ungeheuren Mengen vertreten ist, während die andere zu gleicher Zeit vielleicht vollständig fehlt. So kommt eine rechte Periodizität zustande, die biologisch von größtem Interesse ist. Im Wasser ist ja stets ein durch Nahrungskonkurrenz

*) Wer sich eingehender informieren will, findet nähere Angaben in: C. Apstein, Das Süßwasserplankton, Kiel.

bedingter ruheloser Kampf, den nur der besteht, der dafür gut eingerichtet ist. Dadurch nun, daß Gruppe um Gruppe nach einer Periode größter Entfaltung wieder verschwindet, wird Platz für andere Gattungen. Und so entsteht ein reizvolles Bild von Werden, Überhandnehmen und Verschwinden im Wechsel der Jahreszeiten.

Greifen wir nun eine bestimmte Gruppe heraus und verfolgen wir diese im Laufe eines Jahres, z. B. aus den Kieselalgen die schöne „Sternchenalge", **Asterionella gracillima**, die ja ein so typischer Vertreter des Seeplanktons ist. Sie liebt kaltes Wasser, daher findet sie sich auch im Winterplankton*). Wenn dann die Schneeschmelze kalte Gebirgswässer zufließen läßt, nimmt sie an Zahl mächtig zu und bildet so im Frühjahr geradezu die Leitform. Wird dann das Wasser mit höher steigender Sonne wärmer, so geht sie bedeutend zurück und ist im Hochsommer nur wenig mehr vertreten. Im Herbst erreicht sie dann ein zweites Maximum, das aber hinter dem des Frühjahres zurücksteht. Diese Verhältnisse treffen ganz allgemein für die Kieselalgen zu und dürften nach den einzelnen Seen, wenn nur die Ausdehnung beträchtlich genug ist, nicht viel verschieden sein. Es kommt nur hier eine relative Unklarheit in der Bezeichnung hinzu. Der Begriff „See" ist eben nicht absolut, sondern mehr relativ; denn ein Wasserbecken, das dem Einen schon als beträchtlicher See gilt, ist dem Anderen nur ein Weiher oder Teich, je nachdem man Wasseransammlungen gewohnt ist zu sehen. Nun hängt eben die Periodizität der Planktonten gar sehr von den Verhältnissen der Erwärmung ab, die für ein kleines Seebecken viel günstiger sind als für ein großes. Darum zeigen oft kleine Seen viel größere Unterschiede in der

*) Ich habe hier speziell den Tegernsee im Auge, aus dem ich seit zirka 2 Jahren mit kleinen Unterbrechungen von Monat zu Monat Material entnommen habe.

Periodizität als große, da in letzteren die Temperaturzunahme nicht so rasch erfolgt und auch die absolute Zunahme der Erwärmung nicht so beträchtlich wird. So erscheint es doppelt interessant, von diesem Gesichtspunkt aus die verschiedenen Seen unter sich zu vergleichen, um wieder einen Rückschluß bilden zu können auf die physikalischen Verhältnisse im Zusammenhang mit anderen Bedingungen, die all diese Erscheinungen zur Folge haben.

Sind wir nun erst den Kieselalgen gefolgt, die großenteils kaltes Wasser bevorzugen, so zeigen uns weitere Vergleiche der einzelnen Fangergebnisse, daß es auch Liebhaber wärmeren Wassers gibt. Zu diesen gehört vor allem das schon mehrmals betrachtete **Ceratium hirundinella**, das wohl auch zu kälteren Jahreszeiten vorkommt — vielleicht in einem See, den es einmal besiedelt hat, niemals mehr ganz fehlt — aber seine Hauptentfaltung in der warmen Zeit zeigt. Im Hochsommer bildet es wohl in den meisten Seen die „Leitform" und ist da zumeist vierhörnig — ohne hier, wie schon erwähnt, einer exakten Gesetzmäßigkeit zu folgen. Somit ergibt sich schon die interessante Erscheinung, daß in der Zeit des Maximums der Kieselalgen — im Frühjahr — das **Ceratium** erst im Aufsteigen begriffen ist, während in der Hauptentfaltung des Hornzellchens die Diatomen das Feld geräumt haben. Bis dann das zweite Maximum der Kieselalgen folgt, ist **Ceratium** wieder bedeutend zurückgegangen.

Mit dem Hornzellchen teilen die Rädertierchen ihre Vorliebe für wärmeres Wasser. Auch sie haben die Zeit ihrer intensivsten Vermehrung in den Sommermonaten und bilden insbesondere in flachen Seen ganz gewaltige Mengen. So zeigte z. B. der idyllische kleine Weßlingsee bereits im Mai Mengen von **Conochilus** und **Brachionus**, gegen welche alle übrigen Planktonformen bedeutend zurücktraten. Es darf uns

diese Erscheinung bei Rädertierchen nicht wundern. Es kann ja eine so kolossale Vermehrung nur mit ganz günstigen Ernährungsbedingungen Hand in Hand gehen. Und daß solche in den wärmeren Monaten infolge intensiven Pflanzenwachstums gegeben sind, liegt auf der Hand.

Wie die Rädertierchen haben auch die niederen Krebschen ihre Hauptentfaltung in der warmen Jahreszeit. Doch finden sich hier wieder je nach örtlichen Verhältnissen ganz beträchtliche Schwankungen. So fand ich im November 1909 im Tegernsee ganz ansehnliche Mengen von Copepoden und Cladoceren mit Eierballen, beziehungsweise Embryonen in verschiedenen Entwicklungsstadien; allerdings trug ein großer Teil der Daphniden die charakteristischen Dauereier, die ja ein Zeichen der Abnahme in der Entfaltung sind.

So zeigen uns diese Beispiele eine eigenartige biologische Regelmäßigkeit, die sich bei den meisten Planktonwesen erkennen läßt: „Die einzelnen Gruppen haben Zeiten größter Vermehrung und Entfaltung und gehen zu anderen Zeiten mehr oder weniger zurück.“ Diese Regelmäßigkeit ist aber keine absolute. Wir haben da im Vorausgehenden nur das Schema betrachtet; es hat sich aber wiederholt gezeigt, daß Formen, die in dem einen See ihr Maximum im Sommer hatten, in anderen Seen zu anderer Zeit vorherrschten, sogar im Winter größere Mengen bildeten.

Hieraus ergibt sich wohl, daß die Wärme allein der bestimmende Faktor nicht sein kann. Jedenfalls spielt das Licht auch noch eine — vielleicht gar nicht untergeordnete — Rolle. Besonders die Pflanzen sind ja bei ihrer Assimilation in erster Linie von der chemischen Wirksamkeit der Sonneneinstrahlung abhängig. Es liegt eben auch hier noch ein gewaltiges Forschungsgebiet vor, das durch die Verschiedenartig-

keit seiner Verhältnisse immer neue Schwierigkeiten bietet. Bei der Erforschung mußte der Zoologe, beziehungsweise Botaniker mit dem Physiker, dem Chemiker und nicht zuletzt mit dem Geologen Hand in Hand gehen, um „biologische" Verhältnisse endgiltig klar zu legen.

Nun drängt sich aber die Frage auf: wie erhalten sich die Planktonten über jene Zeit hinweg, in der sie geradezu von der Bildfläche verschwunden sind?

Die Beantwortung dieser Frage entrollt eines der interessantesten biologischen Bilder aus dem Haushalte der Natur. Um nun hier nicht allzu weit in allgemeine Betrachtungen abzukommen, die den gebotenen Rahmen überschreiten würden, seien die interessanteren Vorgänge bei den schon hereingezogenen Gruppen erwähnt. Wenn z. B. Ceratium den Höhepunkt der Entfaltung überschritten hat und unwirtliche Verhältnisse kommen, so bildet es seine „Dauerform". Diese resultiert aus dem Zusammenfließen des Protoplasmakörpers zweier Zellen, ein Vorgang, der als Konjugation bezeichnet wird. Die so gebildete Cyste umgibt sich nun mit einer widerstandsfähigen Hülle und sinkt zu Boden. In diese Cyste werden die äußeren ursprünglichen Zellpanzer nicht übernommen; sie fallen als leere Hüllen ab und lösen sich wahrscheinlich im Wasser bald auf oder werden von größeren Wesen verschlungen. Die Dauerform ruht nun wohlgeborgen im Schlamm, bis bessere, d. h. für neue Vegetation günstigere Zeiten kommen. In diesem Zustand verträgt das Ganze sogar ein völliges Austrocknen, ohne Schaden zu leiden.

Wenn nun die rechte Zeit wieder gekommen ist, so quillt die äußere Hülle der Cyste auf, das Ganze wird leichter und steigt dadurch an die Oberfläche. Dort platzt das Gehäuse und aus dem Inhalte geht ein junges Ceratium hervor, das sich nun durch Zell-

teilung rasch vermehrt. So bietet das Hornzellchen auch ein Beispiel von Lebewesen, die einen Generationswechsel aufweisen: es wechseln hier Individuen, die nur aus Zellteilung hervorgegangen sind, mit solchen, die aus der Konjugation zweier Zellen entstehen.

Interessanter noch, weil viel komplizierter, ist der Vorgang bei den Rädertierchen. Wir haben ja schon einmal von der Fortpflanzung dieser Tierchen gehört, als wir aus der Reihe der allgemeinen Anpassungserscheinungen die primitive Fürsorge für die Nachkommenschaft bei den Rotatorien betrachteten. Diese Eier nun, die von den Tierchen mühsam herumgeschleppt werden, sind vom Muttertier parthenogenetisch, d. h. ohne Befruchtung gebildet. Zu gewissen Zeiten nun, wahrscheinlich nur, wenn die allgemeinen Lebensbedingungen ungünstig werden, treten Männchen auf, die im allgemeinen viel kleiner sind als die Weibchen und nur ganz kurze Zeit leben. Diese feiern dann Hochzeit mit den jungen Weibchen und aus den befruchteten Keimzellen bilden sich Dauereier, die mit einer dichten, mitunter doppelten Hülle umgeben sind. Werden diese abgelegt, so sinken sie zu Boden und harren wohlgeschützt günstiger Bedingungen, die sie zur Entwicklung anregen. Diese erfolgt aber zumeist erst nach einiger Ruhezeit und dann geht aus dem Dauerei ein Weibchen hervor, das sich parthenogenetisch vermehrt und so den Kreislauf von neuem eröffnet.

Doch scheint sich der Prozeß nicht bei allen Rädertierchen nach diesem Schema abzuspielen. Von vielen Rotatorien kennt man ja die Männchen noch gar nicht, bei anderen ist ihr Auftreten noch nicht geklärt: es gibt eben auch hier noch gar viel zu erforschen. Jedenfalls ist diese Art, ungünstige Verhältnisse — sei es der Ernährung, sei es des allgemeinen Lebens — zu überdauern, von größtem Interesse.

Ganz ähnlich ist der Vorgang bei den Clado-

ceren, die sich unter gewöhnlichen Umständen auch parthenogenetisch fortpflanzen. Somit bekommt man bei dieser Gruppe zu den meisten Zeiten nur Weibchen zu Gesicht. Mit Eintritt ungünstiger Bedingungen treten auch hier die kleineren Männchen auf, die sich dann mit den Weibchen paaren. Die befruchteten Eier, die sich auch durch ihre Größe von den parthenogenetisch erzeugten unterscheiden, werden meist in Zweizahl im Brutraum getragen und dort mit einer dichten, wenig durchsichtigen Hülle umgeben, die dem Ganzen die ungefähre Form eines Sattels gibt. Der so eigenartig ausgestattete Brutraum mit den beiden Dauereiern wird als Ephippium bezeichnet. Wird nun bei der Häutung die ganze Körperhülle abgestreift oder geht das Muttertierchen zugrunde, so sinkt das Ephippium zu Boden und überdauert hier die ungünstigste Zeit. Wie das Dauerei eines Rädertierchens kann auch dieses Gebilde, ohne Schaden zu nehmen, völlig eintrocknen und stellt somit zugleich ein Anpassungsprodukt vor, das die Erhaltung der Art auch dann garantiert, wenn das besiedelte Wasserbecken vollständig vertrocknen sollte. Denn selbst nach beträchtlicher Trockenperiode entwickeln sich solche Dauereier zu Individuen, wenn sie wieder ins Wasser kommen. Hat man doch aus Schlamm nach dreizehnjähriger Trockenheit wieder junge Cladoceren hervorgeholt, die im Dauerei „geschlummert" hatten.

So entrollt der See neuerdings ein Bild von stetem Wechsel, von dauerndem Werden und Vergehen und läßt uns zugleich einen tiefen Blick tun in die geheimnisvollen Kräfte, die aus den Zwergen unter den Lebewesen sprechen. Wir sehen, wie sie immer Mittel fanden, sich über ungünstige Bedingungen hinwegzuhelfen — als endgiltige Sieger in ruheloſem Kampfe — wenn auch nicht als Sieger für sich, so doch für ihre Art, die sie über alle Ungunst hinweg erhalten.

Wir dürfen dieses interessante Gebiet der Periodizität nicht verlassen, ohne noch einer typischen Erscheinung zu gedenken: der sogenannten Wasserblüte mancher Phytoplanktonten. Wenn man z. B. im Oktober das Netz durch den Tegernsee zieht und dann den Fang betrachtet, so erscheint er ganz grün gefärbt. Kugeln, die mit freiem Auge sichtbar sind, schweben im Glase auf und nieder, und wenn wir das Material etwas zur Ruhe kommen lassen, so bildet sich an der Oberfläche ein dichter grüner Saum, der bei der geringsten Erschütterung in Flocken unterzusinken beginnt. Nimmt man nun mit der Pipette einen Tropfen von der Oberfläche ab, so zeigt das Mikroskop, daß die grünen Gebilde, die dem unbewaffneten Auge als Kugeln erschienen, dicht ineinandergeschlungene Schnüre von Zellen einer kleinen Spaltalge, der **Anabaena circinalis**, sind, die nicht umsonst den Namen „Rosenkranzalge" führt. Wer zählt die Unmasse von Zellen, die hier ein einziger Tropfen umschließt! Und nun stelle man sich vor, welche Legionen der ganze See birgt. Wir stehen da vor einem Vegetationsmaximum,

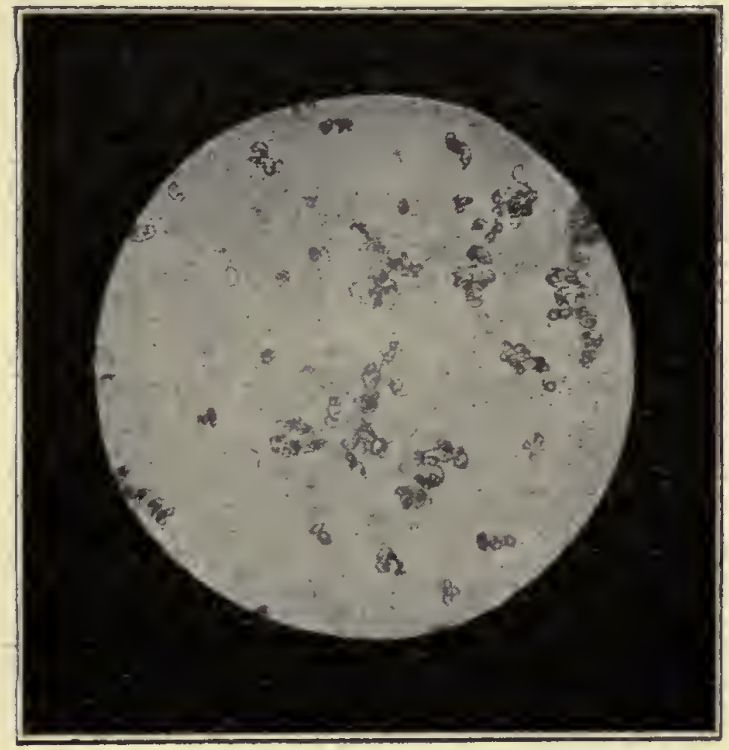


Abb. 7. Wasserblüte von Anabaena circinalis; aus dem Tegernsee.

wie es nur wenige pflanzliche Planktonten zu bilden vermögen. Dabei dauert diese Wasserblüte mitunter ziemlich lange an, wenn sie auch bei anderen Formen, beziehungsweise in anderen Seen, nur kurze Zeit anhält. Ist nun der See nicht allzugroß, so gibt ihm die Wasserblüte ihre eigene Farbe: es macht den Eindruck, als wäre ein zarter, meist grüner Schleier über die Oberfläche gebreitet, der bei jeder Bewegung in Flocken zerreißt und bei Wellenschlag versinkt.

Für die Bildung von Wasserblüten kommen nun die verschiedensten Pflänzchen in Frage. Allen voran **Anabaena** und **Clathrocystis**, dann **Aphanino-menon**, **Oscillatoria** und **Gloeotrichia**.

Erinnern wir uns bei dieser Gelegenheit an eine Art Wasserblüte, die wir in der Erscheinung der „Blutseen" bereits gestreift haben.

Eine Erscheinung sei hier noch erwähnt, die nach außen den gleichen Anschein erwecken kann wie eine echte Wasserblüte, aber mit dieser sonst nichts gemeinsam hat. Zur Zeit der Blüte unserer Nadelbäume trägt der Wind oft ungeheure Mengen von solchen Blütenpollen aus benachbarten Wäldern über den See. In der feuchten Seeluft nun werden die sehr hygroskopischen Körnchen schwerer und fallen massenhaft ins Wasser. Macht man nun einen Fang, so tanzen auch hierin grüne Kügelchen durcheinander, die dann im Mikroskop gar fremd erscheinen. Manch einer hat schon vergeblich in den Bestimmungswerken nach diesen eigenartigen „Planktonformen" gesucht, bis ihm ein Botaniker zu Hilfe kam. Diese Art der unechten Wasserblüte, die als „Pseudopleuston" bezeichnet wird, kennt man schon ziemlich lange und Viktor Scheffel läßt seinen Einsiedler am Fuße des Aberssees vom „erblühenden See" singen.

So hat der Vergleich einzelner Fänge aus verschiedenen Jahreszeiten die interessanten Erscheinungen des „Saisondimorphismus" und der „Periodizität"

enthüllt. Sie bilden in der Gesamtheit der biologischen Probleme eines Sees einen gar wichtigen Abschnitt, der noch über manches Ungeklärte Licht bringen wird, wenn einmal all seine Einzelheiten durchforscht sind.

Nicht so weit müssen sich die Vergleiche erstrecken, die eine neue biologische Eigenart bestimmter Planktonten enthüllen sollen. Machen wir nämlich Netzzüge zu verschiedenen Tageszeiten nahe an der Oberfläche und vergleichen diese Ergebnisse, so zeigt auch schon ein flüchtiger Blick, daß in dem Fang um Mittag — besonders wenn die Sonne schien — so gut wie keine Crustaceen sind, dagegen der Zug am Abend diese wieder in Mengen enthält. Wir stehen vor einer neuen Tatsache, die wir als

Vertikalwanderung des Planktons

nun näher betrachten wollen. Schon die Oberflächenfänge allein zeigen, daß speziell die Krebschen am frühen Morgen noch in ziemlich großer Zahl an der Oberfläche sind, dann gegen Mittag aus derselben verschwinden, am hellen Nachmittage fast völlig fehlen und gegen Abend wieder zum Vorschein kommen. Fischen wir auch noch nachts die Oberfläche ab, so bringt das Netz erstaunliche Mengen von Krustern ins Sammelglas.

Wollen wir nun die Vertikalwanderung in ihren Einzelheiten studieren, so müssen wir uns wohl besser ausrüsten. Das einfache Netz, mit dem die gewöhnlichen Fänge gemacht werden, kann wohl auch aus tieferen Schichten Proben holen, doch nimmt es beim Emporgehen auch Material aus den oberen Lagen und von der Oberfläche mit; gibt also kein klares Bild des Gehaltes der Tiefe. Soll das Material nach Schichten getrennt gesammelt werden, so muß man sich eines sogenannten Schließnetzes bedienen. Dieses wird durch eine eigene mechanische Vorrichtung geschlossen und öffnet sich erst in der

Tiefe, aus welcher es Proben entnehmen soll. Die besondere Schwere des Netzes bewirkt ein gleichmäßiges Verbleiben in der betreffenden Schicht und bevor es emporgezogen wird, schließt der Mechanismus wieder ab, damit nichts aus höheren Lagen eintreten kann. Leider sind solche Schließnetze sehr teuer.

Eine andere Methode zur Untersuchung einzelner Schichten besteht darin, daß man durch eine Pumpe Wasser aus den verschiedenen Tiefen holt und dieses durchseiht. Hierbei kann man noch die Wasserquantitäten messen und die schon erwähnte Zählmethode anwenden, die dann auch zahlenmäßigen Aufschluß über die vertikale Verteilung der Planktonten gibt.

Doch ist eine dieser beiden komplizierten und kostspieligen Untersuchungsweisen nur dann geboten, wenn man das Ganze wissenschaftlich einwandfrei studieren will. Soll es sich aber nur um einen allgemeinen Überblick über die Vertikalwanderung handeln, so genügt auch folgende Methode: mit einem gewöhnlichen Netz macht man erst bei langsam gleitendem Kahn einen Zug von 5 Minuten Dauer mit 5 Meter Schnurlänge. Dann rollt man 10 Meter Schnur ab und zieht das Netz ebenfalls 5 Minuten langsam durch das Wasser. Hierauf steigert man die Schnurlänge um je 10 Meter, bis die ungefähre Tiefe des Sees erreicht ist. Die einzelnen Fänge werden natürlich sorgfältig getrennt in Gläschen aufbewahrt und genau etikettiert. Um das Untersinken des Netzes zu beschleunigen, kann man etwa 1 Meter vor der Öffnung einen Stein anbinden. Beim Heraufholen des Netzes zieht man ziemlich rasch, damit möglichst wenig von den oberen Schichten hereinkommt.

Läßt man die einzelnen Proben ein wenig abstehen, so zeigt sich je nach Tageszeit ein ganz typischer Unterschied. Sind die Fänge am Morgen gemacht — nicht allzu lange nach Sonnenaufgang — so wird

der Oberflächenfang eine beträchtliche Menge von Crustaceen aufweisen, mehr noch finden sich im Fang von 10 Meter Tiefe, bei 15 Meter vielleicht schon bedeutend weniger und von 20 Meter abwärts können sie bereits ganz fehlen. Die Fänge um Mittag werden aus der Oberfläche sehr wenig oder gar keine Krebschen ergeben, etwas bei 10 Meter, 15 Meter und vielleicht schon steigend in Zahl bei 20 Meter — je nach Seetiefe — und von hier abwärts immer mehr bis vielleicht zum Grunde, je nachdem das Becken einer abyssalen Zone entbehrt oder nicht. Ein ganz ähnliches Resultat geben Züge am sonnenklaren Nachmittage. Abends dann wird auch die Oberfläche noch wenig Kruster enthalten, 10 Meter werden schon mehr ergeben, 15 Meter vielleicht die größte Menge und tiefere Schichten immer weniger. Und macht man die Züge nach völligem Einbruch der Nacht, so zeigt der Oberflächenfang gewaltige Mengen von Krebschen; 10 Meter schon bedeutend weniger und von 15 Meter abwärts können sie vollständig fehlen — das Schließnetz oder die Pumpe wird jedenfalls von hier kein Exemplar mehr heraufholen. Das Resultat also:

Die Planktonkrebschen machen täglich vertikale Wanderungen. Sie steigen von Morgen an in immer tiefere Schichten und halten sich bis über den Nachmittag in größeren Tiefen. Am Abend wandern sie wieder empor und halten sich des Nachts unmittelbar unter der Oberfläche auf, um mit anbrechendem Tage die Wanderung von vorne zu beginnen.

Man ist dieser interessanten Tatsache schon mehr und mehr nachgegangen und hat durch Zählungen festgelegt, wie sich die Planktonkrebschen verhalten. So berichtet Professor Zacharias über seine eigenen und Dr. Ruttners Untersuchungen*): „Es (das Aufsteigen) erreicht, wie Ruttner durch seine Zählungen feststellte,

*) Dr. O. Zacharias: Das Süßwasserplankton. S. 27.

zwischen 10 und 11 Uhr nachts sein Maximum, welches stundenlang andauert, geht um 3 Uhr morgens allgemach zurück und endigt 6 Uhr in der Frühe. Doch ist bis 9 Uhr morgens noch ein Nachklang dieser vertikal auf- und absteigenden Wanderung in der Weise zu verspüren, daß dann immer noch vereinzelte Copepoden in den obersten Wasserschichten zu finden sind. Der Unterschied der Copepodenmenge an der Oberfläche beträgt aber nachts etwa das Zwanzigfache von derjenigen, welche am Tage durch das gleiche Verfahren erbeutet werden können."

Die Zahlenangaben stimmen natürlich nur für den betreffenden Seebezirk und schwanken auch noch mit der Jahreszeit.

Wenn wir uns nun fragen, wodurch denn solche für so kleine Tierchen ganz gewaltige Wanderungen bedingt sind, so kann uns ein Versuch wieder die Grundlage zur Beantwortung geben. Ein hohes Reagensgläschen wird auf bestimmte Schichthöhe mit Papier überklebt, das nur ganz wenig Licht durchläßt. In dieses Glas bringen wir Plankton mit vielen Krebschen unmittelbar nach dem Netzzuge. Setzt man nun das Ganze dem grellen Tageslichte aus und läßt es ruhig stehen, so sammeln sich die Crustaceen unterm Papier an — sie sind also lichtscheu*). Das klingt für den Augenblick höchst befremdend. Überdenken wir aber die Sache klar, so nimmt der Begriff der Lichtscheue eine konkrete Bedeutung an: das Auge der Planktonkrebschen ist auf eine bestimmte allerdings geringe Helligkeit eingerichtet. Und nun wird uns mit einem Male klar, was die Tierchen zu ihren täglichen mühevollen Wanderungen veranlaßt:

*) Der Versuch glückt auch nur dann, wenn er mit unmittelbar dem See entnommenen Material ausgeführt wird. Ich habe ihn im Boot wiederholt mit Erfolg ausgeführt; im Laboratorium mißlang er stets. Die Pflanzen werden sich im belichteten Teil des Gläschens finden.

sie begeben sich in jene Schicht, deren Helligkeit ihnen am angenehmsten ist. Diese Schicht ist nachts offenbar die Oberfläche: geht die Sonne auf, so wird es oben zu hell, die Krebschen gehen tiefer, bis sie die zusagende Helligkeit gefunden haben. Mit höhersteigender Sonne wird es in den oberen Schichten immer heller: die günstige Helligkeit ist tiefer unten und so wandert die ganze Legion eben immer mehr abwärts. Nähert sich aber die Sonne wieder dem Horizont, so wird es unten allzu dunkel — die Wanderung geht wieder nach oben, bis sie nachts unter der Oberfläche endet.

So wäre wohl der eigentliche Vorgang klar. Aber die Frage: „was veranlaßt denn die Krebschen gerade jene Schichten fortwährend aufzusuchen, auf deren Helligkeit ihr Auge eingerichtet ist?“ lassen wir mit dem Verfolgen der Wanderung immer noch ungelöst.

Auch hier ist es nicht allzu schwer, eine Klärung zu finden. Wenn wir nämlich sagen: das Auge eines Planktonkrebschens ist auf eine bestimmte Helligkeit eingestellt, so heißt das: dort wo die entsprechende Lichtmenge herrscht, sieht das Tierchen am besten und findet dort am bequemsten seine Nahrung. Also die Nahrungssuche ist es in letzter Linie, die als Veranlassung der Vertikalwanderung zu betrachten ist. Und wenn wir jetzt nochmals den ganzen Vorgang überdenken, so sehen wir: Nachts ist es an der Oberfläche am hellsten; auf diese Helligkeit nun ist das Auge der Krebschen eingerichtet und hier erkennen die Tierchen ihre Nahrung bequem genug. Mit aufgehender Sonne wird es oben zu hell, die Kruster sehen nichts mehr, da sie vom Lichte geblendet werden — sie finden also da oben auch keine Nahrung mehr. Daher verlassen sie diese Schicht und steigen so tief, bis sie wieder Einzelheiten und damit Nahrungskörper unterscheiden können. Diese für sie im Sinne der Ernährung günstigen Schichten liegen nun mit höher steigender Sonne

immer tiefer, darum eine weitere Wanderung abwärts, die ihre natürliche Grenze hat. Mit untergehender Sonne muß es dann ebenso notwendig wieder aufwärts gehen.

Da hat sich nun wieder ein überraschender Einblick in die Verschiedenheit der Mittel ergeben, die sich selbst so unscheinbare Lebewesen zur Erhaltung ihrer selbst und ihrer Art nutzbar machen können. Es ist offenbar eine Anpassung, wenn das Auge der Krebschen auf die Helligkeit eingestellt ist, welche auch des Nachts noch an der Oberfläche herrscht. Damit ist den Tierchen ja die Möglichkeit gegeben, zu jeder Tageszeit ihrer Nahrung nachzugehen, denn eine Schicht mit dieser Helligkeit findet sich immer. Wären aber die Augen größeren Lichtmengen angepaßt, so könnten die Wesen nachts keine Nahrung erkennen — was doch bei dem großen Kräfteverbrauch, den das Schwimmen und Schweben erfordert, von Nachteil wäre. Wenn aber eine geringere Helligkeit für diese Arten die günstigste wäre, so würde sich auch des Nachts ein Aufsteigen bis zur Oberfläche verbieten — und dort befindet sich während der Dunkelheit fast all das, was Nahrung heißt. So schließen wir eben umgekehrt, daß sich die Krebschen ganz naturgemäß gerade an die Oberflächenhelligkeit der Nacht gewöhnt haben, was inhaltlich zusammenfällt mit dem Gedanken: ihr Auge ist an diese Helligkeit angepaßt.

War nun in all diesen Beobachtungen nur von dem Verhalten der Crustaceen die Rede, so fragen wir uns jetzt: wie sind die übrigen Zooplanktonten je nach Tageszeit verteilt?

Hier ist nun eine exakte Antwort noch nicht möglich. Wohl zeigen die einzelnen Fänge je nach Tageszeit verschiedene Mengen, z. B. von Rädertierchen, doch ist eine Gesetzmäßigkeit in der Verteilung noch nicht erkannt. Es ist ja wahrscheinlich, daß auch für das Rädertierauge eine bestimmte Helligkeit gerade

die günstigste ist, aber die Ernährungsfrage ist bei den Rotatorien — wie wir noch sehen werden — nicht so sehr vom Sehen abhängig als bei den Krustern. Es wird auch hier Sache der Forschung sein, durch mühsame Zählmethoden und nicht zuletzt durch experimentelle Untersuchungen Klarheit zu schaffen.

Ebenso bietet die Frage nach der vertikalen Verteilung des Phytoplanktons, die ja mit der vertikalen Wanderung der Tiergruppen im engsten Zusammenhang steht, noch vielerlei Anregung zu weiteren Untersuchungen. Wohl ergibt sich hier die Notwendigkeit für die pflanzlichen Formen, sich nicht allzuweit von der Oberfläche zu entfernen, da nur bei bestimmter Helligkeit, die nicht allzu gering sein darf, die Assimilation, also die Lebenstätigkeit, möglich ist. Man wird daher die Hauptmasse der Schwebepflanzen schon mit abnehmender Sonnenbestrahlung insbesondere dann nach Einbruch der Dunkelheit unmittelbar an der Oberfläche suchen. Aber auch bei hellstem Sonnenschein ist die größte Tiefe, die assimilierende Phytoplanktonten enthält, relativ gering — natürlich wieder nach den einzelnen Seen verschieden.

Stoßen wir da nicht auf einen Widerspruch, wenn wir erst bei der Vertikalwanderung der pflanzenfressenden Krebschen, die bis tief hinunter führt, die Nahrungssuche als Ursache erkannten und nun für die Pflanzen so enge Grenzen der vertikalen Verteilung finden? Das Dilemma löst sich, wenn wir bedenken, daß chlorophyllose Pflanzen, z. B. Spalt- und Blaualgen, die wohl Nahrung für Krustern sein können, vom Sonnenlicht mehr unabhängig sind. Sie finden sich auch in tieferen Schichten. Doch mehr als einen allgemeinen Überblick können diese Überlegungen nicht geben — exakte Resultate wird die gerade auf diesem Gebiete jetzt so intensive Forschung wohl bald bringen.

Wenn wir nun nochmal kurz überdenken, was uns der Vergleich einzelner Fangergebnisse, die je

nach Jahres- oder Tageszeit, beziehungsweise Tiefen getrennt wurden, an Tatsachen gezeigt hat, so stehen wir an einer Fülle von Eindrücken, die sich zu einem ganz eigenartigen Bilde vom Walten der Naturkräfte zusammenschließen. War doch bisher vielleicht alles, was uns von der Natur und ihren Kräften gezeigt wurde, danach angetan, in allem die gestaltende Wirkung äußerer Faktoren zu suchen — hier in allen Lebensäußerungen und Einrichtungen der Lebewesen im See erkennen wir klar, daß die Fähigkeit der Anpassung wie der Organismengestaltung in das Wesen selbst gelegt ist. In der Aufnahmefähigkeit äußerer Eindrücke, also in der Sinneswahrnehmung, liegt die erste **Grundlage,** im Auffinden eines Mittels zur bedürfnismäßigen Reaktion auf einen aufgenommen Reiz, die zu dessen Beseitigung, beziehungsweise Befriedigung führt, die weitere **Richtung** für gestaltende Änderungen. Wenn uns diese dann als Anpassungserscheinungen vor Augen treten, hier im Kleinsten und im natürlichen Zusammenhange mit ihren Ursachen, anderswo aber vielleicht unvermittelt und befremdend, dann lehrt uns der See aus all dem, was er uns schauen ließ, suchen nach Ursachen und Zusammenhängen — mögen diese für den ersten Augenblick noch so weit abliegen.

Haben wir diese Erkenntnis aus dem ruhelosen Lebenskampfe gewonnen, den der See vor uns birgt, so ist uns auch die blaue Fläche zum trauten Platze geworden, über den wir immer wieder den Kahn gleiten lassen, um Neues aus dem Geflüster der Wellen zu erlauschen. Wir haben ja so manche Frage an den See gerichtet, und immer ist uns befriedigende Antwort geworden, die neue Erkenntnis gab. So stellen wir noch eine Frage, die wohl schon die Betrachtung der Periodizität aufgedrängt hat: „wie kommt es denn, daß ein bestimmtes Seeplankton seine typische Zusammensetzung in periodischem Kreislaufe stets bei-

behält?“ Wir sehen ja, daß jeder See seine bestimmten Formen enthält, aus denen keine verschwindet und kaum eine neue hinzukommt, wenn man auch lange Zeit hindurch beobachtet.

Es ist dies eine Erscheinung, die unter dem Namen

Biocoenose

bekannt ist. Sie tritt besonders klar zutage bei Neuanlage von größeren Wasserbecken. In der ersten Zeit kommt zumeist in langsamem Ansteigen der Gruppenzahl ein buntes Durcheinander von Gattungen zum Vorschein, die kommen und wieder verschwinden. Andere Formen tauchen auf, vermehren sich alsbald ins Ungeheuere und gehen vielleicht ebenso rasch wieder zurück, um auf ziemlich konstantem Durchschnitt stehen zu bleiben. Bis dann einige Jahre vergangen sind, hat der See oder Teich sein charakteristisches Plankton erhalten, das sich nicht mehr wesentlich ändert, wenn nicht besondere Umstände hinzukommen.

Man kann sich diesen hochinteressanten Vorgang im kleinen klarmachen durch folgenden Versuch, den ich jedem empfehle, der sich für solche Fragen interessiert. Ein Aquarium von beliebigen — nicht allzu kleinen — Ausmaßen wird in gewöhnlicher Weise besetzt: unten eine entsprechende Schicht Schlamm, den man am besten vom Spülufer eines Teiches oder Sees entnimmt und zum Transport im Schatten trocknen läßt, darüber eine dünne Schicht feinen Flußsandes und darüber Wasser. Hierin bringt man nun, um der natürlichen Besiedelung zu Hilfe zu kommen, Algenmaterial aus einem Graben oder sonstigen Wasserbecken, gesammelte Rädertierchen, Crustaceen und was man sonst noch erreichen kann. Dann läßt man das Ganze an einem Orte ruhig stehen, der nicht direktem Sonnenlichte ausgesetzt, aber entsprechend hell

ist. Nun wird man sehen, daß alsbald ein großes Sterben beginnt, angefangen bei den größten Tierchen bis herunter zu den Einzellern. Man lasse sich durch den bösen Geruch, den das trüb werdende Wasser ausströmt, nicht zum Weggießen des Ganzen verleiten, denn nun kann man eine hochinteressante Beobachtung machen: die der Selbstreinigung des Wassers. Man decke das Gefäß zu diesem Zwecke zu und überlasse alles dem natürlichen Fäulnisprozeß. Das Wasser wird dann trüber und trüber werden, bis es mehr oder weniger milchig aussieht. Dann aber wird es wieder heller und nach einiger Zeit hat es wieder das ursprüngliche natürliche Aussehen — jetzt wird es auch ohne besonderen äußeren Anlaß nie wieder faulen. Man decke nun das Gefäß bis auf einen Spalt zum Luftaustausch mit einer Glasscheibe zu und ersetze von Zeit zu Zeit das verdunstete Quantum durch Regenwasser. Nun verfolge man von Tag zu Tag die Änderungen im Inhalte des Aquariums, indem man mit einem Pinsel den oberen Wasserrand entlang fährt und den „Fang" auf einen Objektträger bringt, dann mit einer Pipette kleine Proben aus verschiedenen Schichten nimmt und auf den Objektträger gibt und schließlich noch mit einem feinen Handnetzchen das Gefäß durchzieht. Die Betrachtung der so erhaltenen Präparate — die man nach der Beobachtung am besten wieder ins Gefäß zurückspült — wird folgendes ergeben: zuerst erscheinen wieder Einzeller — tierische wie pflanzliche, dann folgen die Rädertierchen, und zuletzt kommen die größeren Formen: Krebschen, vielleicht Milben u. a.*) Alsbald wird sich dann ein stationärer Zustand einstellen: es bildet sich eine Lebens-

*) Woher diese Formen nun kommen, ist auch aus den vorausgehenden Betrachtungen klar: die Dauereier, beziehungsweise Cysten, die schon im Schlamm enthalten waren, beziehungsweise mit beginnender Fäulnis gebildet werden, haben die ganze Wassersäule überstanden und entwickeln sich nun.

gemeinschaft von Formen heraus, die unter den gegebenen Bedingungen zusammenleben können — in gegenseitiger Ergänzung. Diese Zusammensetzung kann sich dann, wenn man das Ganze ruhig stehen läßt und immer nur das verdunstete Wasser durch Regenwasser ersetzt, ohne neues Material an Lebewesen zuzuführen, jahrelang erhalten.

So zeigt uns dieser kleine Versuch: unter gewissen festen Bedingungen bildet sich eine bestimmte Lebensgemeinschaft — eine Biocoenose — von Lebewesen, die sich gegenseitig ergänzen in Atmung und Ernährung. Nun gibt doch jeder See eine solche Gesamtheit von Bedingungen, die von seinen physikalischen, chemischen und geologischen Verhältnissen bestimmt sind. Somit muß auch der einzelne See eine Bewohnerschaft von Formen erhalten, die sowohl den Lebensbedingungen, als unter sich angepaßt sind. Da nun die einzelnen Seen so verschiedene Verhältnisse zeigen, so darf es uns auch nicht wundern, wenn jeder sein typisches Plankton besitzt. Oft schon hat sich die Frage ergeben: warum findet sich eine bestimmte Form in einem See in großen Mengen, die in einem vielleicht benachbarten vollständig fehlt? Hier haben wir den Schlüssel zur Lösung: die Form paßt in dem einen See in die Biocoenose der Gesamtheit hinein, im andern nicht. Freilich ist damit das: warum paßt sie nicht hinein, wenn die sonstigen Lebensbedingungen nicht allzu verschieden sind, noch nicht gelöst. Und diese Frage ist vielleicht noch am wenigsten geklärt von allem, was die Forschung bisher offen lassen mußte. Sie wird wohl erst dann näher in Angriff genommen werden können, wenn man alle Umstände kennt, die das Leben und das Zusammenleben der einzelnen Gruppen von Tieren und Pflanzen bestimmen, beziehungsweise beeinflussen. Bis dahin ist noch weit.

Wohl weiß man allgemein, wie Tier- und Pflanzenleben in gegenseitigem Zusammenhang der

Atmung und Ernährung steht. Die Pflanze atmet bekanntlich Kohlensäure ein, zerlegt sie in den Chlorophyllkörperchen in Kohlenstoff und Sauerstoff und atmet letzteren wieder aus. Das Tier entnimmt der Luft den freien Sauerstoff, führt ihn im Atmungsorgan dem Blute zu, das ihn zu den Verbrauchsstellen bringt, wo er gegen Kohlensäure ausgetauscht wird, die sich beim Stoffwechsel gebildet hat. Letztere wird dann (als Kohlensäureanhydrit) ausgeatmet. Im Wasser nun ist das Tierreich lediglich auf den freien gelösten Sauerstoff, das Pflanzenreich auf die freie Kohlensäure angewiesen. Hier ist also ein Reich bezüglich der Atmung unmittelbar vom andern abhängig.

Allerdings wären die eigentlichen Planktonpflänzchen niemals imstande, den ganzen Sauerstoff für die Zooplanktonten zu liefern. Hier müssen vor allem die reichen Pflanzenbestände des Ufers helfend eingreifen, deren Oxygenabsonderungen durch die Bewegungen des Wassers auch auf die freie Seefläche verteilt wird. Hierzu kommt noch die beträchtliche Menge von Atemstoff, der aus der Luft in die Oberfläche übergeht, besonders bei Regen, und der von den Zuflüssen eingebracht wird. Allerdings dürfen wir hier der Fische als Konsumenten und damit als Konkurrenz für die Schwebewesen nicht vergessen.

Etwas besser scheinen bezüglich der Atmung die Pflanzen des Sees bedacht zu sein. Denn zu den beträchtlichen Kohlensäuremengen, die von den Fischen abgegeben werden, kommen die ganz bedeutenden Quantitäten, die bei der Fäulnis frei werden und ins Wasser übergehen. Diese sind relativ viel größer als die so gebildeten Mengen auf dem Lande. Daher zeigt sich immer die Erscheinung, daß die Tiere den Pflanzen nachziehen müssen, um in günstige Atemverhältnisse zu kommen, nicht die Pflanzen den Tieren. Aber eins erhellt schon hier: Kohlensäure und Sauerstoff sind im See in stetem Kreislauf begriffen.

Und von hier können wir gleich einen weiteren Schluß ziehen: nicht bloß die „anorganischen" Substanzen Kohlensäure und Sauerstoff machen einen solchen Kreisprozeß, sondern in gleicher Weise ist die gesamte *organische* Materie im See in steter Zirkulation.

Wenn wir dies näher verfolgen wollen, so müssen wir noch eine Form der Ernährung kennen lernen, die ein Zwischending bildet zwischen der Aufnahme rein pflanzlicher Nahrung und der räuberischen Lebensweise: es ist die Verwertung verwesender und im Wasser *teilweise* gelöster organischer Substanz, beziehungsweise die Verwendung gelöster organischer Materie. Diese Art der Ernährung, die natürlich bei Luftbewohnern ausgeschlossen ist, spielt im Wasser eine größere Rolle, als man lange Zeit glauben wollte. Da sie für einzelne Gruppen von Lebewesen recht charakteristisch ist, betrachten wir sie am besten an der Hand entsprechender Beispiele. Man hat sich z. B. lange Zeit vergeblich bemüht, die Frage der Ernährung der Rädertierchen befriedigend zu lösen. Wohl zeigte ihre ganze Lebensweise, daß sie in der Wahl ihrer Nahrung nicht allzu skrupulös sind: viele von ihnen lassen sich pflanzliche wie tierische Wesen gleichgut schmecken. Aber die Überlegung sagte, daß die direkt *erbeutete* Nahrungsmenge für so ein Tierchen nicht genügen kann; dies gilt insbesondere für die festsitzenden Formen, denen die Möglichkeit ergiebiger „Jagd" genommen ist.

So mußte wohl der Wasserstrudel, den so ein Wesen durch das Räderorgan erzeugt, zum Herbeiführen der Nährpartikelchen dienen: und damit war die Lösung des Problems gefunden: mit dem bewegten Wasser strudeln die Rotatorien die im Wasser mehr oder weniger gelöste organische Substanz herbei, welche durch den Körper geführt und von den entsprechenden Organen absorbiert und assimiliert wird.

Dies erklärt uns dann die intensive Tätigkeit des Strudelapparates viel besser als die Annahme, der so erzeugte und dem Körper zugeleitete Wasserwirbel habe den Hauptzweck der Atmung. Da müßten nicht fortwährend solche unverhältnismäßige Mengen Wassers den Körper durchziehen.

Damit zeigt uns der See — mit ihm jede Wasseransammlung — wieder etwas, den Landverhältnissen gegenüber völlig Neues: die bei der Verwesung frei werdende organische Substanz kann wieder tierischen Organismen nutzbar werden.

Wir dürfen das nicht verwechseln mit der im Land- wie im Wasserleben gleich vertretenen Ernährung durch Aas. Bei dieser handelt es sich ja nicht um freiwerdende organische Materie, sondern um Konsumtion der ganzen in körperlicher Verbindung erhaltenen, nur leblos gewordenen Substanz.

Damit löst sich die Frage der Ernährung solcher Organismen, die in Tiefen leben, bis zu welcher keine Pflanzen steigen, verhältnismäßig einfach: soweit nicht räuberische Lebensweise nährt, hilft die aus der Fäulnis frei werdende organische Materie, mehr oder minder gelöst, das Leben erhalten.

Wenn man nun bedenkt, welche Mengen pflanzlicher wie tierischer Körper im Wasser der Fäulnis anheimfallen, so erklärt sich auch die Unzahl der Wesen, die von solchen Stoffen leben. Und legen wir uns jetzt die Frage vor, die uns bei der Betrachtung der Periodizität beschäftigt hat: warum haben wohl die Rädertierchen in den Sommermonaten ihr Maximum in der Entfaltung, so ergibt sich die einfache Antwort: weil da die größte Menge faulender und freiwerdender organischer Substanz vorhanden ist.

Bedenken wir nur die Menge von Fischen, die im Sommer absterben und im Wasser dann verfaulen, die Zahl der Insekten, die beim Überfliegen des Sees hineinstürzen und nicht von Fischen abgeschnappt

werden; die Insekten dann, die ihre Eier ins Wasser ablegen und dann ermattet hier in der Heimstätte ihrer Jugend auch ihr Grab finden — nicht zuletzt die von den Zuflüssen hereingeschwemmten tierischen und pflanzlichen Leichen, so können wir auch auf den Gehalt gelöster organischer Materie einen Schluß ziehen. Damit erhellt aber wieder eine wichtige Aufgabe der Lebewesen, die sich diese Stoffe nutzbar machen: sie haben das Wasser von all diesen Überresten zu reinigen, damit die Fäulnis nicht alles andere mitergreift.

Eines ergibt sich noch aus dem Gesagten: kann auch diese Materie, die schon einmal einem lebenden Körper angehört hatte, gar viel Organismen miternähren, unbegrenzt ist deren Zahl doch nicht. Sind also mehr Konsumenten da, als zum Aufbrauch der Nahrungsquellen notwendig wären, so tritt notwendig Nahrungsmangel ein, der zu einer natürlichen Abnahme der Zahl führt. Schließlich stellt sich dann ein entsprechender „Gleichgewichtszustand" ein. Somit erkennen wir einen wichtigen Grundgedanken für die Biocoenose: „Es muß ein natürliches Ausgleichsverhältnis bestehen zwischen vorhandener Nahrungsmenge und Konsumenten."

Das Bild vom Kreislauf der organischen Substanz vervollständigt sich noch, wenn wir jene Gruppe von Lebewesen betrachten, die organische Materie in völlig oder fast vollständig gelöstem Zustand aufnehmen und verwerten. Auch hier am besten ein Beispiel: das Hornzellchen, das uns schon mehrfach beschäftigt hat, teilt mit den Verwandten aus der Gattung der Peridineen die Fähigkeit, gelöste organische Substanz — man spricht hier teilweise sogar weniger von gelöster, als von „fester" Nahrung — aufzunehmen und körperlich zu verwerten, was ja die meisten übrigen Geißelwesen auch vermögen. Zumeist aber scheint die Ernährung des Ceratium rein pflanz-

lich zu sein — also ist hier eine Gruppe gegeben, die geradezu das Zünglein der Wage bildet: pflanzliche Ernährung dort, wo sie gut möglich ist — tierische, wo diese günstiger ist. Auch da wundert es uns nicht mehr, daß dieses Wesen ein richtiges Sommerkind ist, aber auch im Herbst noch häufig vorkommen kann und im Winter nicht vollständig fehlen muß.

Lenken wir nun den Blick von diesen beiden typischen Gruppen wieder zurück auf das Ganze, so überschauen wir die ganze Lebensgemeinschaft gar leicht, wenn wir den Grundgedanken des Kreislaufes aller lebenden Materie festhalten: die Biocoenose aller im See enthaltenen Lebewesen — großen wie kleinen — ist neben den vorgegebenen physikalischen, chemischen und geologischen Bedingungen festgelegt durch den Zirkulationsprozeß der organischen Substanz. Dieser besteht aus dem Zerfall von Körpern bei der Fäulnis, deren Produkte dann in mehr oder weniger gelöster Form wieder von Lebewesen aufgenommen und zum Aufbau des Körpers verwendet werden, um beim Tode derselben neuerdings in den Kreislauf einzutreten. Die bei der Fäulnis frei werdende Kohlensäure wird von den pflanzlichen Wesen zur Atmung und Zellenbildung benutzt, welch letztere wieder zur Nahrung tierischer Organismen werden können, somit den Kreislauf mitmachen.

Um das Bild nicht unvollständig zu lassen, dürfen wir nicht nur die organische Substanz erwähnen, die durch Zufluß in den See eintritt: es geschieht ja ein Ausgleich bei Wegfuhr durch die Abflüsse. Immerhin ist die Zufuhr stärker als die weggeschwemmte Menge, da bekanntlich das von Zuwässern Herbeigebrachte erst zu Boden sinkt, dort sich löst und über entsprechende Wassermengen verteilt. Erst davon wird dann ein Teil wieder weitergetragen; d. h. also in jedem Jahr dürfte — von zufälligen außerordentlichen Umständen abgesehen — ein ziemlich konstanter Betrag orga-

nischer Materie zugeführt werden, der nun dem ganzen Kreisprozeß im See beitritt. Dies stört aber dann das Bild? Wo kommt denn dieser Überbetrag hin, wenn nicht zugleich eine Absolutvermehrung des Gehaltes an Lebewesen damit Hand in Hand geht?

Eine solche Zunahme ist nicht bedingt, denn unser oben entworfenes Bild vom Kreislauf war noch nicht ganz abgeschlossen: wir müssen noch überlegen, daß der Gesamtgehalt kreisender Materie abnehmen müßte, wenn nicht von außen Zufuhr käme — aus einem wichtigen Grunde: nicht alle abgestorbenen Lebewesen gehen sogleich im Wasser in Lösung über, ein großer Teil derselben sinkt rasch zu Boden und wird vielleicht erst teilweise gelöst von nachsinkendem Schlamm überdeckt — bleibt dann unter dieser immer zunehmenden Decke vom weiteren Kreislauf ausgeschlossen. Also ist ein bestimmter Ersatz von außen direkt notwendig. Ein weiterer wesentlicher Teil geht durch Entnahme bei der Fischerei verloren.

All diese Überlegungen lassen dann wenigstens vermuten, worin die Gründe für das so verschiedene Vorkommen einzelner Formen zu suchen sind. Sie zeigen uns aber auch, mit welchen Schwierigkeiten die Forschung zu kämpfen hat, wenn sie all diese Fragen klären will. Aber gerade darin liegt wieder ein Vorzug der hydrobiologischen Forschung, daß das Gebiet abgegrenzt ist, sich nicht ins Uferlose dehnt, wie bei so vielen Fragen der Biologie der Landbewohner, denen in Bewegungsfreiheit auf Land und in Reichtum an Luft fast keine Grenzen gezogen sind. Wenn wir aber all die wichtigen Resultate der biologischen allgemeinen Forschung betrachten, so finden wir immer wieder, daß der Ausgang vom Wasser und seinen Bewohnern am besten — mitunter sogar notwendig — zum Ziele geführt hat. Und als eines der weittragendsten Ergebnisse hat sich der Satz gezeigt: „alles Leben stammt aus dem Wasser".

Wenn wir uns hier die allgemeinen Grundzüge der Lebensgemeinschaft im See klar gemacht haben, so dürfen wir nicht vergessen, daß all das, was wir da betrachten konnten, nur in Umrissen das Prinzipielle in dieser Frage behandeln konnte. Wer nun speziellere und auch ziffernmäßige Angaben sucht, der lese in dem auch sonst sehr empfehlenswerten Werke von Professor Zacharias: „Die Tier- und Pflanzenwelt des Süßwassers" den im ersten Bande enthaltenen Aufsatz von Professor Forel über: Allgemeine Biologie eines Süßwassersees. Auch in dem größeren Werke von Professor Lampert: „Das Leben der Binnengewässer" findet sich vieles über diese Frage (siehe auch das Literaturverzeichnis am Ende des Büchleins).

Wir dürfen diese Frage nicht verlassen, ohne uns noch zu überlegen, wie denn die Bildung einer solchen Biocoenose möglich ist, d. h. welche Einwanderungsmöglichkeiten den einzelnen Lebewesen zu Gebote stehen. Damit schneiden wir eine biologische Frage an, welche auch erst in neuerer Zeit näher in ihren Grundlagen erkannt wurde. Es handelt sich dabei um

die passiven Wanderungen des Planktons.

Wie schon die Benennung sagt, scheint die Eigenwanderung, also die aktive Selbstbewegung von einem Wasserbecken zum anderen auf dem Wege der Zwischenverbindungen keine hervorragende Rolle zu spielen. Es könnte ja diese Art der Verbreitung auch nur bei jenen Formen in Frage kommen, die entsprechende Werkzeuge für größere Lokomotionen besitzen, also in erster Linie aus dem Plankton die Crustaceen und dann vielleicht noch die Rädertierchen, obwohl mir ausgedehnte Eigenwanderungen bei letzteren schon recht zweifelhaft erscheinen.

So kommen wohl auch die Wasserwege, die etwa den einen See mit einem anderen indirekt durch

seitliche Abzweigungen verbinden — bei direkter Verbindung ist ja die Sachlage klar — nur als Werkzeuge passiver Wanderung der Planktonten in Betracht, indem von der Abflußstelle aus solche Schwebewesen abgeschwemmt und von der Strömung „gegen ihren Willen" fortgeführt werden. Daß die Strömung den Planktonten nicht angenehm ist, zeigt schon ein Netzzug quer durch die Abflußstelle des Abwassers. In ziemlich weitem Umkreise ist dieser Platz ungemein planktonarm, so daß man direkt sagen kann: das Plankton meidet nach Möglichkeit die Abflußstelle. So würde also die Strömung eines Abflusses eine erste Möglichkeit für unfreiwillige Wanderung bieten. Diese ist wohl dort von prinzipieller Bedeutung, wo mehrere Seen oder wenigstens Wasseransammlungen unter sich in Verbindung sind, wie z. B. Seen der norddeutschen Niederung. Da ist dann eben ein bequemer Weg für den Austausch gegeben. Um so mehr Interesse gewinnt dann in einem solchen Gebiete die Frage nach der allgemeinen Zusammensetzung des Planktons, beziehungsweise nach Verschiedenheiten in der Verteilung.

Würde aber die direkte Übertragung auf Wasserwegen die einzige Möglichkeit der Einwanderung für die Schwebewelt bieten, so ließe sich die allmähliche Besiedelung abgeschlossener Wasserbecken nicht erklären. Da kommt eben ein anderer Wege hinzu, der für Wasserbewohner eigenartig genug erscheinen mag: die Verbreitung durch die Luft. Wie mag das vor sich gehen? Ein Planktonwesen kann doch nicht durch die Luft fliegen! Und doch ist ein Luftweg geboten. Wir haben ja schon von Dauerformen gehört, die ohne Schaden zu nehmen völlige Eintrocknung der Umgebung ertragen, also selbst zum trockenen Staubkorn werden können. Außerdem gibt es kleine Wesen, speziell Wimperinfusorien und einige Rädertierchen — unter den letzteren allerdings nicht die Hochseeformen — welche bei eintretender Trockenheit sich mit einer

schützenden Hülle umgeben und so scheinbar selbst zum leblosen Staubkörnchen werden. Wenn nun ein Wasserbecken mehr und mehr austrocknet, so bilden sich diese Formen und liegen, wenn alles Wasser verdunstet ist, im Schlamm offen da. Streicht nun ein Windhauch darüber, so entführt er diese Cysten und Dauereier in die Luft. Wo sie dann zu Boden fallen, hängt vom Zufall ab; aber von den vielen unfreiwilligen Luftpassagieren fällt doch der eine oder andere ins Wasser und erwacht dort zu neuem Leben, beziehungsweise entwickelt sich zum Individuum. Sind nun dort die Verhältnisse so, daß er leben kann und paßt er in die schon vorhandene Gemeinschaft hinein, so steht auch der Vermehrung und Ausbreitung nichts weiter im Wege. Sind die gesamten Bedingungen aber ungünstig für ihn und seine Art, so verschwindet er wieder ebenso rasch als er gekommen ist. So erklärt sich die Verbreitung bestimmter Formen über die ganze Welt verhältnismäßig einfach und man spricht da mit vollem Rechte von „Kosmopoliten". Auf dem Wasserwege allein hätten sie ja nie ein so ausgedehntes Gebiet erobern können, das ihnen der Luftweg eröffnete.

Und noch eine Wanderungsmöglichkeit muß betrachtet werden, die mindestens ebenso wichtig für die Wesen ist wie die eben besprochenen, mitunter sogar von noch größerer Bedeutung ist: die Verschleppung durch Wasser-, beziehungsweise Sumpfvögel. War eben die Verbreitung durch den Wind eine Wanderungsmöglichkeit lediglich für Dauerformen, so stellt diese Art eine Gelegenheit zur Luftfahrt während des Lebens selbst dar. Schwimmt nämlich ein Wasservogel auf der Oberfläche dahin, so heften sich an seine Füße oder Federn die verschiedensten Formen an — meist wohl recht unfreiwillig. Besucht dann dieser Vogel einen benachbarten See, so reicht zumeist die kurze Trennung vom Wasser nicht hin, um alle angeklebten

Wesen zum Absterben zu bringen. Die überlebenden können sich im neuen Bereich von ihrem „Luftschiff" loslösen und haben eine neue Heimat gefunden.

Natürlich kommt die Übertragung lebender Wesen von einem See zum anderen nur dann in Betracht, wenn der zurückzulegende Luftweg ganz gering ist, d. h. die Zeit der Trennung vom Wasser nicht beträchtlich ist. Immerhin haben Versuche gezeigt, daß nach halbstündiger Luftfahrt noch die meisten in Frage kommenden Formen am Leben waren. Bedenkt man dann die Fluggeschwindigkeit mancher Vögel, z. B. der Möwen, so kann die an sich kurze Zeit zu einer entsprechenden Ausbreitung führen, wenn nur das Ganze oft wiederholt wird. Und für letzteres sorgt schon die Lebensweise dieser Vögel.

Noch mehr aber als die Verschleppung der Lebensformen selbst bedeutet die Verbreitung der Dauerformen durch im Sumpfe des Ufers watende Vögel. Die Dauerformen sinken in den Schlamm und werden in großer Zahl ans Ufer gespült, wenn sie nicht gerade weit ab vom Ufer auf freier Hochsee abgelegt wurden. Wenn nun ein Reiher oder ein Storch durch das Röhricht stelzt, so kleben sich mit dem Schlamme manche Cysten oder Dauereier an die Füße und werden dann weitergetragen. Für diese Formen, die ja auf Trockenheit eingerichtet sind, spielt dann die Zeit der Trennung vom Wasser keine Rolle mehr. Mögen sie auch in meilenweiter Entfernung erst wieder ins belebende Element kommen, sie erwachen dort ebenso als wäre die Wanderung nur über einige hundert Meter hinweggegangen. Diese Verschleppung der Dauerformen ist ein so wichtiges Mittel zur Verbreitung, daß man lange Zeit versucht war, die Bildung solcher Formen als direkte Anpassung an diese Art der Verbreitung aufzufassen. Jetzt weiß man wohl, daß diese Dauerorganismen zur Erhaltung der Spezies dienen über ungünstige Verhältnisse hinweg,

die der lebenden Form kein Überdauern ermöglichen; wenn sie aber auch der Verbreitung nutzbar werden, so erfüllen sie eben einen doppelten Zweck.

Da wundern wir uns auch nicht weiter, wenn die Fangergebnisse in Afrika, wo so viele unserer Zugvögel überwintern, dieselben Arten aufweisen wie bei uns. Im Wasser gilt dann eben das Märchen vom Klapperstorch, der junges Leben bringt — von Afrika zu uns, von hier nach Afrika.

Damit hat sich in ganz überraschender Weise ein Zusammenhang ergeben zwischen zwei so grundverschieden scheinenden Bereichen: dem Plankton und der Wanderung der Wasser-, beziehungsweise Sumpfvögel. Seit man darauf aufmerksam wurde, hat man sorgsame Beobachtungen und Versuche angestellt und soweit bis jetzt Resultate vorliegen, auch gefunden, daß die Ausbreitung bestimmter untersuchter Formen in Zusammenhang mit den Zuglinien der betreffenden Wasservögel gebracht werden konnte. Es war damit ein Rätsel gelöst, dem man lange vergebens nachgespürt hatte. Damit zeigte sich wieder, wie wichtig es in der Naturforschung ist, den Blick nicht auf ein bestimmtes Gebiet festzubannen, sondern nach allen Seiten zu schauen und zu vergleichen — die Kleinlebewelt eines Sees bietet ein sprechendes Beispiel dafür. Wenn man daher dem Planktonforscher vorwerfen wollte, er müsse in seinem Suchen in diesem Reiche des Kleinen den Blick für das Große verlieren, so ist nicht leicht ein Vorwurf so unberechtigt wie dieser. Denn kaum eine Forschung erfordert mehr Großzügigkeit und Loslösung vom Kleinlichen als die im Planktonbereiche.

Da möchte es scheinen als wäre es eher berechtigt, wenn ein richtiger Praktiker zweifelnd frägt: was soll all dieses Forschen nach dem Leben solcher Kleinwesen, wenn diese nicht praktischen Nutzen bringen?

Es macht ja wohl für den ersten Augenblick den Eindruck, als könnten diese winzigen Wesen dem Menschen nicht zunutze sein — und im Zeitalter der technischen Nutzbarmachung aller möglichen Kräfte könnte man die Ablehnung des nutzlosen Gebietes nicht übelnehmen. Es frägt sich nur, ob auch wirklich das Plankton für den Menschen nicht unmittelbar von prinzipieller Bedeutung wird. Und die Beantwortung dieser Frage zeigt uns dann vor allem

die Bedeutung des Planktons für die Fischerei.

Um der Frage näher zu treten, müssen wir erst einen mehr allgemeinen Blick auf die Ernährung der Fische werfen. Fische, die sich ausschließlich von pflanzlicher Kost nähren, sind nicht nachgewiesen, das bringen eben die allgemeinen Ernährungsbedingungen im Wasser mit sich; aber wenn man den harmlosen Karpfen mit dem räuberischen Hecht vergleicht, so erkennt man auch hier den Unterschied in der Lebensweise. Sieht man von den größeren Raubfischen ab, so läßt sich aus den bisher geführten Untersuchungen erkennen: für fast alle übrigen Fische ist das Plankton eine der Hauptnahrungsquellen; für einige darunter die einzige. Und auch die Räuber ernähren sich in ihrer ersten Jugend fast ausschließlich vom Plankton.

Man hat ja die Nahrung der Fische verschiedentlich einzuteilen versucht. So unterscheiden die einen: Luftnahrung, d. i. die aus der Luft ins Wasser fallende Nährmenge, hauptsächlich Insekten, Planktonnahrung, Bodennahrung, d. i. die vom Boden aufgenommene pflanzliche oder tierische Substanz, und Ufernahrung, die vom Ufer ins Wasser hereingespült wird. Eine andere Einteilung geht nicht so sehr auf die Gebiete ein, die Nahrung liefern können und unterscheidet: Hauptnahrung, Gelegenheits- und Notnahrung. Die Hauptnahrung

würde in dem bestehen, was der Fisch unter gewöhnlichen Verhältnissen zu sich nimmt, beziehungsweise bevorzugt. Gelegenheitsnahrung wäre dann das, was der Fisch frißt, weil es gerade bequem zu erreichen und von der Hauptnahrung nicht so verschieden ist, daß er es nicht erkennen würde. Notnahrung dann wäre, was gerade aufgenommen wird, weil nichts anderes zu haben ist.

Für uns handelt es sich nun darum zu untersuchen, wie weit Plankton als Haupt- oder Gelegenheitsnahrung in Frage kommt, denn nur daraus kann eine eventuelle praktische Bedeutung der Schwebewesen erhellen. Die Zahl der Fische nun, die Plankton als Hauptnahrungsquelle haben, ist nicht gering. Zu ihnen gehören die so geschätzten Renken mit den übrigen Maränenarten, die Laube und der Stint (**Osmerus eperlanus**). In den untersuchten Mägen dieser Fische fand man durchwegs Überreste von Planktonkrebschen, und man hat sich dann auch die Mühe genommen und nachgezählt, von wieviel Tierchen diese Reste stammen. So fand Fuhrmann in einem Magen gegen 2900 Stück von **Bythotrephes longimanus**; Huitfeld-Kaar zählte in einem Magen des Schnäpel (**Coregonus oxyrhynchus**) 50.000 Exemplare von **Bosmina obtusirostris** und Juday wies im Inhalte eines Forellenmagens 4500 Daphnien nach*). Diese Zahlen reden eine eigenartige Sprache. Sie sagen uns, welche Unmengen von Krebschen einem einzigen dieser Fische zum Opfer fallen. Wenn sich nun ganze Gruppen lediglich von Planktoncrustaceen nähren, und unter ihnen die von Menschen so geschätzten Renken, Felchen und Forellen — letztere wenigstens ausschließlich in der Jugend — so können wir uns vorstellen, welche Bedeutung das Plankton für den Menschen mittelbar gewinnen kann.

*) Diese Angaben stammen aus: Steuer, Planktonkunde (siehe Literaturverzeichnis).

Dabei haben wir nur jene Fische im Auge gehabt, die Planktonkrebschen als ihre Hauptnahrung verzehren. Die Zahl derer, die nicht nur Planktonkrebschen, sondern ziemlich wahllos alle Planktonten, deren sie habhaft werden können, als Gelegenheitsnahrung benutzen, ist noch viel größer. Zu ihnen gehören z. B. die Karpfenarten. Charakteristisch für die Planktonfresser ist ein feiner Seihapparat, den diese Fische in der Kiemenregion haben. Interessant ist, daß sich derselbe bei allen Planktonfressern findet, ob diese unter sich verwandt sind oder nicht. Er stellt also nicht ein typisches Artmerkmal dar, sondern ist als selbständige Anpassung aufzufassen.

Wenn wir nun so die Zahl der von Schwebewesen ganz oder teilweise lebenden Fische überdenken, so sehen wir, daß ein derartiger Fischreichtum, wie ihn die einzelnen Seen aufweisen, ohne diese winzigen Wesen nicht denkbar wäre. Was aber die Bedeutung derselben noch erhöht ist ihre Rolle, die sie bei Ernährung der Fischbrut und der heranwachsenden jungen Fische spielen. Es ist sicher, daß das Fehlen der Schwebewesen mit einem Schlage das Verschwinden des Fischnachwuchses zur Folge hätte. Denn die Ernährung derselben fällt fast ausschließlich dem Plankton zu. Wenn auch ein einzelnes Fischlein nicht mit einer Planktonreuse ausgestattet ist, so schnappt es doch gierig nach dem hüpfenden Krebschen in seiner Nähe und vermag im Laufe eines Tages eine ganz beträchtliche Zahl davon zu sich zu nehmen. Man kann ja am Ufer eines Gewässers nach der Laichzeit direkt beobachten, wie die junge Brut hier wie spielend auf- und niederhüpft. Dies ist ein gar mörderisches Spiel; denn jedes Hüpfen gilt einem Krebschen, das allerdings unser Auge nicht sieht, das aber vom kleinen auf Nahsehen eingerichteten Fischauge wahrgenommen wurde.

Der praktische Teichwirt, der für die Karpfen-

brut sorgen will, hat längst die Bedeutung dieser kleinen Wesen erkannt. Neben dem Brutweiher legt er einen kleinen Tümpel an, dessen Boden er mit Schlamm aus einem anderen Teiche belegt, in welchem er Crustaceen weiß. Durch diesen Bodenschlamm zieht er Furchen, als bestelle er ein Feld und legt Dünger ein; das Ganze läßt er eintrocknen. Einige Zeit vor der Laichzeit seiner Karpfen „bespannt" er den Tümpel mit Wasser und bringt vielleicht noch einige Algenwatten ein. Bis dann die Karpfenbrut da ist, wimmelt es im Tümpel von Krustern, von denen er dann täglich mit einigen Netzzügen eine Quantität entnimmt und in den Brutweiher bringt. Er weiß eben, daß sich diese geringe Mühe im prächtigen Gedeihen seiner Pfleglinge wohl bezahlt macht.

Wenn wir nun das Gesagte zusammenfassen, so sehen wir: das Plankton — und darin vor allem die Gruppe der Crustaceen — ist für die Fischerei von größter Bedeutung. Es bildet größtenteils die Nahrung der Fischbrut und der heranwachsenden jungen Fische. Ein großer Teil der Fische nährt sich dann auch im erwachsenen Zustande vom Plankton; für einen vielleicht noch beträchtlichen Prozentsatz bildet es die Quelle für Gelegenheitsnahrung. Da nun die Fischerei für den Menschen von so großer Bedeutung ist, erhellt daraus der mittelbare Wert der Schwebewesen für die Menschheit.

Für den Nationalökonomen läge hier die große Aufgabe, zu ergründen, welchen Teil des ganzen Volksreichtums der Planktongehalt besonders seenreicher Länder darstellt. Man würde staunen, welche Zahlen hier zum Vorschein kämen. Denn auf dem Vorhandensein von Schwebewesen beruht die ganze Fischerei, und deren Erträgnis, beziehungsweise Wert fällt somit auf das Plankton zurück.

Vielleicht ist hier ein kleiner Exkurs erlaubt, der nicht gerade zum Thema des Seeplanktons gehört, aber

eine schöne Analogie zur wirtschaftlichen Bedeutung von Schwebewesen bildet. Wir machen zu unserer Betrachtung im Gedanken eine kleine Reise an das Meer und folgen einer Fischexpedition, die auf Kabeljaufang zieht, zu den Lofoten. Dort sehen wir in kurzer Zeit Millionen dieser prächtigen Fische in die Netze gehen. Also hier hat sich der Kabeljau in Unmengen angesammelt — was hat ihn dazu veranlaßt? Er ist seiner Nahrung nachgezogen, den Heringen, die zu gleicher Zeit eine große Wanderung hierher angetreten haben, hierher — auch um Nahrung zu suchen, die in Planktonwesen, hauptsächlich Ruderfußkrebschen besteht. Und was hat diese veranlaßt, sich da in Mengen anzusammeln, daß das Wasser einem dicken Brei gleicht — auch die Magenfrage: Kieselalgen dienen ihnen zur Nahrung, die zur Zeit der Schneeschmelze in Unmengen vegetieren, von den kälteren Meereszonen durch die Meeresströmungen nach Süden getragen werden und dort sich anhäufen, wo große Bänke stauen, oder zusammentreffende Strömungen einen hemmenden Wirbel bilden. So schließt sich die Kette: die Krebschen wandern in Massen zu den Kieselalgen, hinter den Krustern ziehen die Heringe, diesen folgt der Kabeljau — hinter ihm aber erscheint der Fischer, um einen klingenden Schatz aus dem Wasser zu heben. Dies ein Beispiel aus dem Großen, wo das Meeresplankton mittelbar zur größten wirtschaftlichen Bedeutung gelangt. Im Kleinen, im See, ist der wirtschaftliche Verhälsniswert sogar noch größer.

So kommt der reine Praktiker, der neben wissenschaftlichen noch wirtschaftliche Werte sehen will, beim Studium der Schwebewelt ebenso auf seine Rechnung wie der Theoretiker, der nach den Ursachen der Erscheinungen forscht. Wenn wir daher sehen, daß dieses Gebiet der naturwissenschaftlichen Forschung in neuerer Zeit solche Ausdehnung gewann und so viel Freunde fand, so wird das wohl erklärlich.

Es liegt eben eine ganze Welt in all den Zusammenhängen, die sich da Schritt für Schritt zeigen. Von einfachen physikalischen Grundbedingungen, die ja großenteils die Meßapparate und Indikatoren anzugeben vermögen, und die im Zusammenhang stehen mit chemischen und geologischen Verhältnissen, geht es hinüber in das Gebiet des Lebens, das uns hier in einer Fülle von Äußerungen entgegentritt — dabei abgeschlossen und geradezu greifbar in den Einzelheiten wie nirgends sonst. Geht man nun auf das, was dem Auge sich offenbart, in verständigem Erfassen ein, so bietet sich ein reizvoller Weg zum höchsten Ziele der Naturforschung: zum Naturverstehen. Wohl ist dieser Weg nicht mühelos — manches scheint leichter als es ist, manches Problem sieht spielend überwindbar aus, während es bei richtigem Erfassen ein ordentliches Stück Arbeit erfordert, und manches Vorurteil muß auf dem Wege abgestreift werden, ehe das Ziel klar daliegt — und dann ist zumeist noch ein großer Schritt zu tun, bis es auch erreicht ist. Und wer kann sagen, daß er bereits bis zum Naturverstehen gelangt ist?

In jetziger Zeit überdies, wo sich noch so verschiedene Ansichten gegenüberstehen, wo dem einen die Natur einen Komplex von Maschinen darstellt, dem anderen das Walten von Kräften erscheint, die dem Organismus innewohnen und ihn zu seinen Anpassungen befähigen, ist dieser letzte entscheidende Schritt noch nicht getan. Wohl sieht man jetzt das Ziel klarer als in den vorausgegangenen Epochen, denen die Naturbeschreibung alles war, aber vor einem Abschluß steht man noch nicht. Und doch verlangt heute alles nach einer Weltanschauung, die auf festem Boden steht. Da mag nun der Geist in die Tiefe eines Sees steigen und sich hier Aufschluß holen. Hier zeigt sich ein Walten der Naturkräfte, dem der gesunde Verstand folgen kann; hier sieht er die Ursachen und die mit

eiſerner Konſequenz folgenden Wirkungen; hier ſieht er unmittelbar wie vielleicht nirgends ſonſt, wie Zwerge unter den Lebeweſen ſich die Naturkräfte nutzbar machen. Und wer dann abwägt, wie eines aus dem anderen hervorgeht, kommt auch zu der Erkenntnis: die Fähigkeit, ſich vorgegebenen Lebensbedingungen anzupaſſen, iſt dem Lebeweſen gegeben. In ſich ſelbſt findet es dann die Mittel, ſich auf veränderte Bedingungen einzurichten, wenn dieſe Änderungen nicht geradezu kataſtrophal kommen. Dieſe Lehre, die wir ſo unſeren Seeforſchungen entnehmen, gibt uns dann eine wohlbegründete Naturanſchauung, denn ſie iſt eigener Beobachtung entnommen — und aus der Naturanſchauung leitet ſich dann auch eine geſunde Weltanſchauung ab, die ſagt, daß die Ausnutzung der dem Lebeweſen innewohnenden Kräfte über Ungunſt der Verhältniſſe hinweghilft. — — — — — — Langſam gleitet der Kahn über die faſt regungsloſe Fläche des blauen Tegernſees, deſſen ſtille Waſſer das Leben bergen, dem ich all das abgelauſcht. Weihevoll ſenkt ſich die Abendſtille auf das Gemüt, das dankbar aufgenommen, was aus dem Geflüſter der kaum aufkräuſelnden Wellen klang. Was aber der See zu erzählen wußte vom nimmer ruhenden Kampfe des pulſierenden Lebens da unten in den Tiefen und vom Beſtehen dieſes Kampfes in Ausnutzung der gegebenen Kräfte, das wird bleiben als Verſtandes- und Gemütswert zugleich.

Systematischer Teil.

Im ersten biologischen Teil haben wir uns, soweit es der begrenzte Rahmen gestattete, die allgemeinen Umrisse der Lebensbedingungen und -erscheinungen klar gemacht. Wir haben dort insbesondere gesehen, daß die Formen großenteils bestimmt werden durch Anpassungen, und haben damit erkannt, daß man umgekehrt aus den Formen der Organismen Schlüsse ziehen könne auf ihren Aufenthalt und auf einzelne Lebensbedingungen. Vor allem aber ist uns klar geworden, daß für das eigentliche Seeplankton, und um dieses soll es sich ja im vorliegenden handeln, nur eine beschränkte Zahl von Gattungen aus dem Tier- wie aus dem Pflanzenreich in Betracht kommt. Wir haben ja gesehen, welch ungünstige Bedingungen der See, insbesondere die weite Hochseefläche für das Leben bietet. Wenn also eine Gattung nicht besonders anpassungsfähig ist, so kann von einem Einrichten auf so extreme Verhältnisse keine Rede sein.

So ergibt sich für die Systematik der Planktonten schon eine bestimmte Richtung aus der Überlegung bezüglich der allgemeinen Anpassungsfähigkeit. Diese sagt nun, daß gerade niedrig organisierte Lebewesen am anpassungsfähigsten sind, was wieder lehrt, daß wir die Schwebewesen durchwegs unter den niedrig Organisierten suchen müssen. Den Abschluß nach oben bilden ja, wie wir wiederholt gesehen, die Crustaceen, also allgemein die Gliederfüßler (Arthropoden), da zum Plankton auch noch einige Milben und Insektenlarven zu zählen sind, deren Bedeutung aber gering ist.

Daß bei Planktonten auch eine gar bald erreichte Grenze bezüglich der Größe gegeben ist, sagen uns die biologischen Betrachtungen sofort. Diese Grenze, die im allgemeinen schon bei einigen Millimetern liegt und nur bei ganz wenigen Cladoceren 1 Zentimeter übersteigt, ist durch zwei Hauptgründe bedingt: größere Formen brauchten zum Schweben ganz gewaltige Schwimmwerkzeuge, die ihrerseits wieder entsprechende Kraftentfaltung des Organismus erfordern müßten; diese wieder stellten gesteigerte Anforderungen an die Ernährung, die besonders für Hochseeformen ohnehin nicht günstig ist. Dann würden größere Wesen ihren Feinden nicht so leicht entgehen, die natürlich auf große fette Bissen ganz anders zuschnappen als auf kleine. So ergab sich da „von selbst" eine feste Grenze des Wachstums, beziehungsweise der Größenentwicklung, die uns noch mehr verständlich wird, wenn wir uns an die Überlegung von der Kugel zurückerinnern, die gezeigt hat, daß ein kleiner, kugeliger Körper eine relativ größere Oberfläche hat als ein größerer. Und welche Bedeutung die Oberflächengröße für das Schweben hat, ist uns bereits klar geworden.

Vielleicht liegt in den engen Organisationsgrenzen ein gewisser Vorzug des Planktonstudiums; denn dieser Umstand macht es verhältnismäßig leicht, sich bald die Kenntnis der allgemeinsten Formen anzueignen, die ja immer wiederkehren. Hat man so 50 oder 60 der häufigsten Formen sicher im Gedächtnis, dann ist es nicht mehr allzu schwer, sich bei der Bestimmung der etwa auftauchenden anderen Wesen zurechtzufinden.

Im folgenden sollen nun die verbreitetsten Planktonformen besprochen werden. Es kann sich natürlich nur um eine allgemeine Einführung handeln, die zur Kenntnis der Schwebewesen führen soll, welche sich ziemlich überall finden. Dabei sollen vor allem jene Formen in Betracht kommen, welche als richtige Plank-

tonten die Seefläche bewohnen; auf Uferformen kann nur wenig eingegangen werden, da diese geradezu aus der gesamten Formenwelt der niederen Wasserbewohner stammen.

Wenn wir uns nun der Betrachtung der einzelnen Formen zuwenden, so folgen wir natürlich der großen Zweiteilung, welche die Natur selbst vorgegeben hat: der Einteilung in pflanzliche und tierische Formen und betrachten zunächst das Hauptsächliche

aus der Formenwelt des Phytoplanktons.

Wir gehen dabei am einfachsten von den am niedrigsten organisierten aus und folgen damit einer aufsteigenden Reihe*).

Die niedrigsten Pflanzen sind die Spaltpflanzen (Schizophyten), die ihren Namen von der primitiven Art ihrer Fortpflanzung haben: die einzelne Zelle spaltet sich in zwei Zellen. Man kann mit gutem Recht diese Pflänzchen als die niedrigst organisierten bezeichnen, denn bei ihnen ist noch nicht einmal eine Scheidung des protoplasmatischen Zellinhaltes in Zellplasma und Zellkern eingetreten. Man kann nur zuweilen in Zellkörpern eine primitive Sonderung in dem Sinne erkennen, daß ein mehr kompakter „Innenkörper" von einer verhältnismäßig dünnen Außenschicht umgeben ist; dann dürfte ersterer eine Analogie zum Kern höherer Pflanzen bilden.

Die Spaltpflanzen zerfallen in zwei große Klassen: die Bakterien und die Spaltalgen. Die erste Klasse spielt wohl im See besonders biologisch eine bedeutende Rolle, kommt aber doch für die Formenuntersuchung hier nicht in Betracht. Um so wichtiger

*) Im Rahmen des Büchleins kann es natürlich nicht gelegen sein, ein Bestimmungswerk zu bieten. Es kann nur die einfachste Formenkenntnis vermitteln. Bestimmungswerke, soweit solche vorhanden sind, finden sich im Literaturverzeichnis angegeben.

ist für uns die zweite Klasse, die einen ganz beträchtlichen Teil der Phytoplanktonten liefert.

Was die Spaltalgen oder Schizophyceen von vornherein ziemlich leicht erkennbar macht, ist die Struktur des Zellinhaltes. In ihm fehlen nämlich die charakteristischen Blattgrünkörperchen, die Chromatophoren der höheren Pflanzenzellen. Wer sich hier den Unterschied klar machen will — und das ist wohl zur Einführung in die Formenkenntnis unerläßlich — betrachte einmal bei etwa 600facher Vergrößerung eine Zelle von einer grünen Fadenalge (**Oedogonium, Mougeotia** oder **Spirogyra**) und daneben eine Zelle der „Rosenkranzalge" **Anabaena** (siehe Abb. 8). Die grüne Zelle läßt deutlich verschiedengeformte zackige Körperchen erkennen, die den sattgrünen Farbstoff tragen; in der Anabaena-Zelle wird man solche Farbstoffträger vergebens suchen. Die ganze Zelle scheint hier ziemlich gleichmäßig mit einem Farbstoff ausgefüllt, der selbst verschieden ist von dem schönen, ich möchte fast sagen leuchtenden Grün der Fadenalge; er schimmert ins Blaue über. Und dies ist wieder ein wesentlicher Bestimmungsfaktor der Spaltalgen: ihr Farbstoff ist eine Mischung aus Chlorophyll und einem blauen Stoff, der als Phytochrom bezeichnet wird.

Somit ergibt sich als wesentliche Charakteristik der Schizophyceen: Einzelne oder in Fäden angeordnete Zellen ohne Scheidung des Inhaltes in Kern und Plasma, mehr oder weniger blaugrün gefärbt; Farbstoff ziemlich gleichmäßig über den Zellinhalt verteilt, ohne Chromatophoren.

Die Lebensweise ist natürlich, ihrer Organisation entsprechend, höchst primitiv. Mit ihrem eigenartigen Farbstoff assimilieren sie die Kohlensäure. Viele unter ihnen scheinen aber auch aus dem Wasser gelöste organische Substanzen aufzunehmen, vielleicht sogar nötig zu haben.

Was die Formen selbst betrifft, so finden sich

einzellige, einzeln lebende Organismen als niederste Gruppe. Eine etwas höhere Gruppe stellen jene dar, die durch Gallerteabsonderung die Zellen zusammenlagern und die „höchsten" unter ihnen bilden Ketten oder Fäden. In letzteren finden sich nun meist sehr charakteristische Zellen, die als „Grenzzellen" oder Heterocysten bezeichnet werden. Dies sind größere Zellen mit etwas verdickter Zellhaut, deren Inhalt bis auf meist zwei kleine Kügelchen verloren ging. Sie stehen mit einer Art der Fortpflanzung in Verbindung, indem hier der ganze Faden durchreißt, so daß jeder Teil für sich als Ganzes weitergedeihen kann.

Im übrigen ist die Fortpflanzung der Spaltalgen stets ungeschlechtlich, d. h. es erfolgt nie die Vereinigung zweier Zellinhalte. Die einfachste Form der Fortpflanzung ist hier, wie schon erwähnt, die Spaltung einer Zelle in zwei solche. Neben dieser kommt die Sporenbildung vor, bei der eine Zelle zur Dauerzelle wird, sich vergrößert und mit einer dichteren Hülle umgibt. Die fadenbildenden Spaltalgen, die ihre Zellen mit einer gemeinsamen Scheide umgeben, haben noch eine charakteristische Erscheinung in der Fortpflanzung: ein Fadenstück wandert aus der gesprengten Hülle aus und wächst dann selbständig zu einem Faden weiter durch Teilung der Zellen. So ein Stück wird dann als Hormogonium bezeichnet.

Die Spaltalgen teilt man in zwei Gruppen: die Coccogoneen und die Hormogoneen. Ihre Merkmale sind:

Coccogoneen: Pflanzen einzellig, meist zu Familien vereinigt. Die Fortpflanzung geschieht zumeist durch einfache Teilung.

Hormogoneen: Zellen zu Fäden vereinigt, die sich zuweilen verzweigen; Vermehrung durch Hormogonien.

Von der ersten Gruppe kommt für das Plankton und hier vielfach als Uferformen nur die eine Familie in Frage:

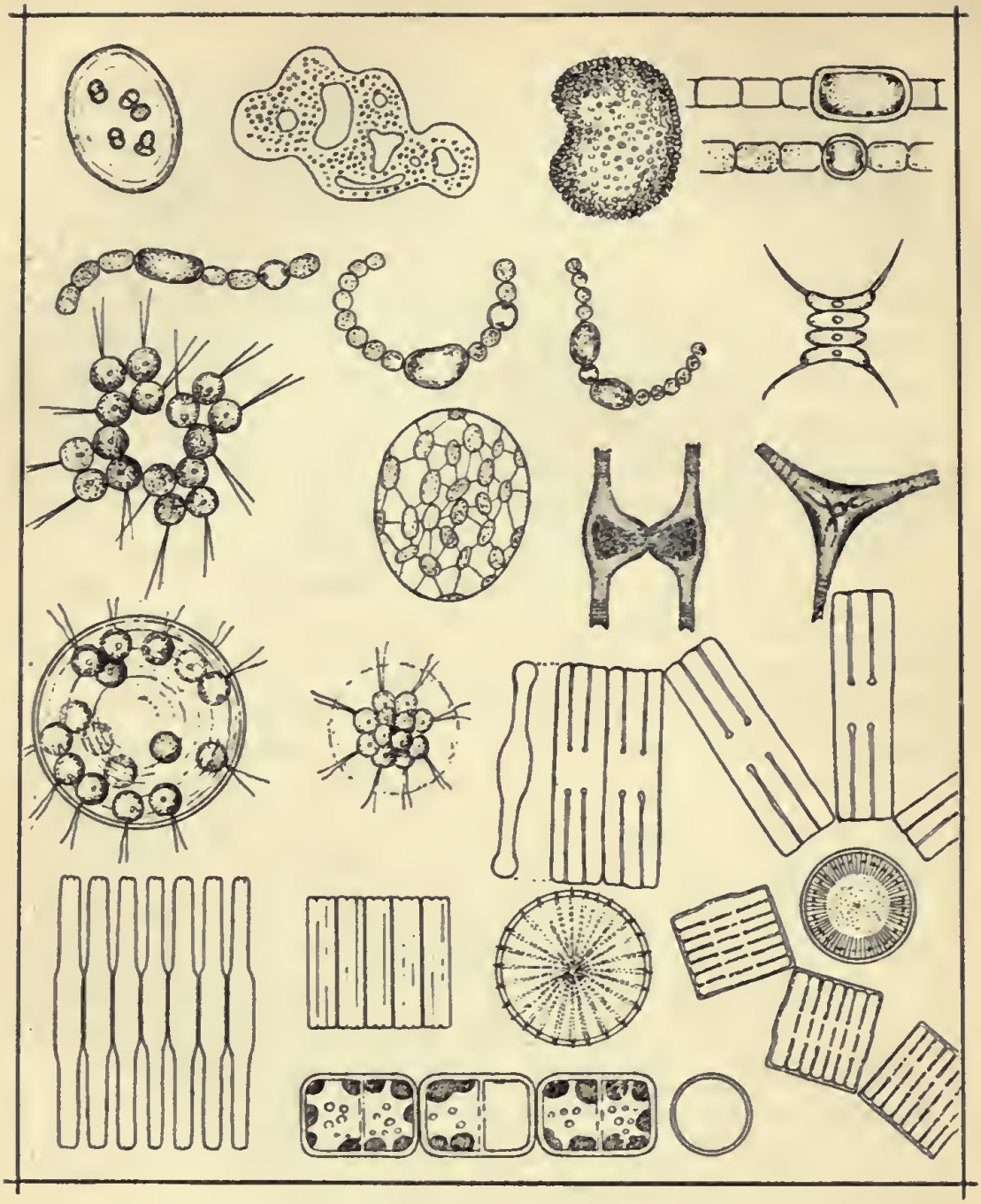


Abb. 8. Spalt-, Grün- und Kieselalgen.
1. Zeile: Chroococcus limneticus. Clathrocystis. Coelosphaerium kützingianum. Aphanizomenon mit Spore, darunter mit Grenzzelle. 2. Zeile: Anabaena circinalis mit Spore und Grenzzelle. A. flosaquae. A. oscillarioides. Scenedesmus quadricauda. 3. Zeile: Richteriella botryoides. Dictyosphaerium. Ehrenb. Staurastrum gracile (von oben und von der Seite). 4. Zeile: Eudorina eleg. Pandorina morum. Tabellaria fenestrata. 5. Zeile: Fragilaria crotonensis. Frag. virescens. Stephanodiscus. Tab. flocculosa. Cyclotella comta. Unten: Melosira varians. (Nach Seligo, Eyferth und Schawo.)

Chroococcaceen: einzellige, blaugrüne Algen, deren Zellen frei leben oder in Gallerte zusammenlagern. Hier wären nun zu besprechen: **Chroococcus** mit etwa 7 verschiedenen Arten, von denen für das Plankton in erster Linie **Chroococcus limneticus** in Betracht kommt. Die Gattungsmerkmale sind: die ziemlich regelmäßig kugeligen Zellen, deren Farbe meist blaugrün, aber auch violett, bräunlich bis gelb ist (je nach Art), hängen nur selten zusammen; sie bilden zum Teil Gallertlager; zu letzteren gehört **Chr. limneticus**. Er bildet flache, unregelmäßig begrenzte Gallerthüllen mit 4, 8, 16 oder mehr Einzelzellen. Man kann hier sehr leicht Teilungsstadien finden; auch bildet **Chroococcus** recht lehrreiches Material zum Studium der Plasmastruktur, da ja die störenden Farbstoffkörperchen fehlen.

Clathrocystis (Synonym **Polycystis**) **aeruginosa** hat kugelige Zellen, die in jungen Kolonien erst in Kugeln zusammenliegen, dann eine mehr zerrissene, unregelmäßige Gallerthülle bilden. Die Zellen sind blaugrün und haben 2 bis 7 μ Durchmesser *). Sie ist sehr weit verbreitet, so daß sie selten ganz in einem See fehlt. Zuweilen kommt sie in solchen Mengen vor, daß sie zur „Wasserblüte" wird. Im Herbst, beziehungsweise mit der Eisbildung, gehen die Hauptformen zugrunde. Für die Weitererhaltung sorgt dann eine Art Dauerform, die aus dichter Gallerthülle besteht, in deren Innerem dicht zusammengedrängt die blauschwarzen Zellen liegen. (Beobachtung von Wesenberg-Lund.) Diese Formen entwickeln sich im April zu neuen Kolonien.

Coelosphaerium kützingianum bildet im Gegensatz zur vorausgehenden Gattung hohle

*) Zur besseren Orientierung empfiehlt es sich immer, auch Messungen mit dem Okularmikrometer vorzunehmen. 1 μ (Mikron) = $^1/_{1000}$ Millimeter. Siehe Band 4 der Naturwissenschaftlichen Taschenbibliothek, S. 162 ff.

Gallertkugeln, in deren Wand die etwa kugeligen Zellen in einschichtiger Lage eingebettet sind. Die Zellen haben 3 bis 4 μ Durchmesser, die Gallertkugeln bis 120 μ. Auch diese Form kann eine Wasserblüte bilden.

Merismopedia elegans hat die Zellen in eigenartiger Zeilenanordnung in einer Gallerthülle; der Zellinhalt ist blaugrün; Zelldurchmesser 6 bis 9 μ. Ich fand sie fast zu jeder Jahreszeit im Tegernsee; allerdings in kleinen Mengen.

Von der zweiten Ordnung der Spaltalgen, den Hormogoneen, die durch Fadenbildung charakterisiert sind, finden sich im Plankton die Vertreter:

Aus der Familie der Oscillatoriaceen (Schwingfäden), deren vielfach bewegliche Fäden meist in einer Scheide stecken — für die Gattung **Oscillatoria** selbst gilt dies allerdings nicht — kommen folgende Formen in Betracht:

Oscillatoria rubescens (**Oscillaria rubescens**) mit kurzen zylindrischen Zellen, die zu freien Fäden, ohne Scheide vereinigt sind. Sie leben gewöhnlich in Wasser mit organischer Substanz und kriechen unter Drehung um die Längsachse umher. Die Fäden werden bis 2 Millimeter lang und sind 5 bis 6 μ breit; die Länge einer Zelle beträgt 2·5 bis 8 μ. Die geraden Fäden tragen am Ende eine kopfförmige abgerundete Zelle. Sie kann in ungeheuren Mengen durch den ganzen See ziemlich gleichmäßig verteilt vorkommen und scheint kälteres Wasser vorzuziehen. Wenigstens ist ihr zahlreichstes Auftreten im Winter wiederholt beobachtet worden.

Oscillatoria princeps findet sich in kleineren stehenden Gewässern oder als Uferform im See freischwimmend oder festgeheftet. Bis zu 60 Zellen von 25 bis 50 μ Breite und 5 μ Länge bilden den blaugrünen Faden. Von ihr unterscheidet sich O. limosa durch geringere Zellengröße: bis 16 μ Breite und 2

bis 5 μ Länge; hier sind die Fäden zugespitzt, nicht gekopft, umfassen auch nur bis 20 Zellen.

Die Familie der Nostocaceen dann, deren unverzweigte Fäden spiralig gewunden und mitunter in eine Gallerthülle eingelagert sind, ist durch die typischen Grenzzellen charakterisiert, von denen schon die Rede war. Hierher gehören **Nostoc** mit verschiedenen Spezies. Das Gallertlager enthält eine in vielen Windungen gezogene Zellenkette, deren Einzelzellen tonnenförmig oder zylindrisch sind. Die Gallerthülle ist mehr oder weniger kugelig. Für das Erkennen der Gallerthülle im Mikroskop ist meist seitliche Beleuchtung nötig; im direkt durchfallenden Licht hebt sich die Gallerte kaum vom Wasser ab. Wo die Gallerthülle ein systematisches Unterscheidungsmerkmal ist, wie hier zwischen Nostoc und der folgenden Anabaena, versäume man ja nicht, die Probe mit seitlicher Beleuchtung zu machen.

Anabaena dann, die zu den häufigsten Phytoplanktonten zählt und die meisten Wasserblüten hervorruft, ist, wie der deutsche Name „Rosenkranzalge" sagt, eine Kette kugeliger Zellen, die einen zusammengebogenen Faden bilden. Sie unterscheidet sich von Nostoc durch das Fehlen von Gallerthüllen. Eine solche Kette enthält meist zweierlei, zur Zeit der Sporenbildung dreierlei Zellen: die gewöhnlichen blaugrünen, vegetativen Zellen, die hellen, anscheinend inhaltlosen **Grenzzellen** und dann die größeren, länglichen oder kugeligen — je nach Art — mitunter gebogenen Sporenzellen. Ab und zu sind die Fäden sehr lang und dann in Knäueln zusammengerollt; aber ohne Gallerthülle. Die Sporen dienen als Dauerformen und überleben allein den Winter.

Im Seeplankton kommen vier Spezies vor:

Anabaena circinalis mit länglichen vegetativen Zellen von etwa 5 μ Länge und 3·5 μ Breite. Die Fäden sind gebogen, zuweilen geknäuelt. Die Grenz-

zellen sind nur wenig größer als die vegetativen und etwas gestreckt. Das Hauptkennzeichen bilden die Sporenzellen: sie sind lang und gerade, etwa fünf- bis sechsmal so lang als die vegetativen Zellen und vielleicht zweimal so breit. Die vegetativen Zellen enthalten Gasvakuolen im Innern, daher typische Planktonalge.

Anabaena flos aquae, noch häufiger als die vorausgehende Art und oft mit dieser gemeinsam vorkommend, bildet unregelmäßig gebogene, auch mitunter geknäuelte Fäden. Die vegetativen Zellen sind kugelig, 4 bis 8 μ im Durchmesser; die Grenzzellen oval oder kugelig; sie sind kaum größer als die vegetativen Zellen. Die Sporen sind im Gegensatz zur vorausgehenden Art mehr oder weniger gebogen, sind etwa dreimal so lang als die vegetativen Zellen und etwa doppelt so breit. Sie bildet eine häufige Wasserblüte auf Teichen und Seen. **Anabaena oscillarioides** unterscheidet sich von den beiden vorausgehenden Arten durch ein unverkennbares Merkmal: die zylindrischen Dauerzellen sind zu beiden Seiten einer Grenzzelle angeordnet. Die kugeligen, etwa 5 μ großen vegetativen Zellen sind mit den ebenfalls kugeligen Grenzzellen zu unregelmäßig gebogenen Fäden angeordnet. Die Dauerzellen sind länglich rund, etwa viermal so lang als die vegetativen Zellen und nur wenig breiter als diese. Sie ist seltener als **A. circinalis** und mehr eine Form kleiner Gewässer. **Anabaena macrospora** ist wieder eine echte Planktonalge und an der Größe der vegetativen Zellen erkenntlich; diese haben etwa 10 μ Durchmesser und sind kugelig. Die Fäden sind meist gerade oder regelmäßig spiralig. Die großen eirunden Sporen sind zwei- bis dreimal so lang und etwa doppelt so breit, als die vegetativen Zellen und stehen mitunter zu mehreren beisammen. Dies kommt daher, daß sich auch die Sporenzellen teilen, was bei anderen Anabaena-Arten nicht bekannt ist. Auch an den Grenzzellen zeigt sich oft eine eigen-

artige Erscheinung: die Zellhülle hebt sich vom Innern ab und legt sich ringförmig um die Zelle herum.

Gewöhnlich verschwinden die Anabaena-Arten mit dem Herbst. Im Tegernsee war aber im November noch eine ganz beträchtliche Wasserblüte von Anabaena vorhanden.

Eine weitere Art aus der Familie der Nostocaceen ist:

Aphanizomenon flos aquae mit geraden, etwas gegen das Ende verdünnten Fäden. Die vegetativen rechteckigen Zellen schließen eng aneinander. Grenzzellen und Dauersporen treten hier — im Gegensatz zu Anabaena — nur selten gleichzeitig auf. Die Grenzzellen sind kugelig und wenig größer als die vegetativen Zellen. Die im Gegensatz hierzu langgestreckten zylindrischen Dauerzellen sind vier- bis fünfmal so lang und vielleicht zweimal so breit als die vegetativen Zellen. Aphanizamenon ist eine Form des Sommers, beziehungsweise Herbstes; die Fäden gehen mit Beginn des Winters zugrunde. Die Sporen werden mit beginnendem Herbst gebildet, wobei die Bildung von Grenzzellen aufhört. Das Vorhandensein von Gasvakuolen charakterisiert die Art als Hochseeform.

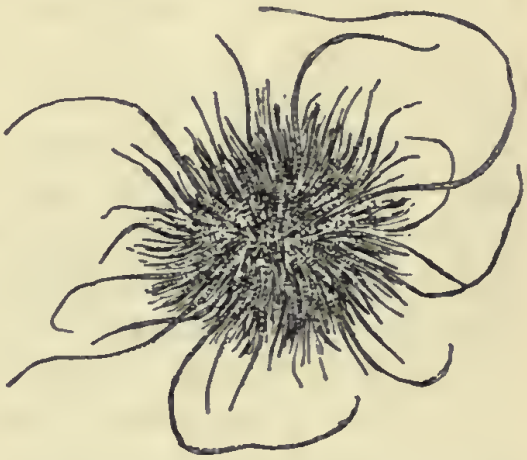


Abb. 9. Gloeotrichia echinulata. (Nach Zacharias.)

Neben diesen kommt noch als Planktonform ein Vertreter aus der Familie der Rivulariaceen in Betracht, nämlich

Gloeotrichia echinulata (auch Gloiotrichia ech. Synonym: Rivularia ech.), wohl die statt-

lichste unter den Spaltalgen des Planktons, die ihren deutschen Namen „Gallerthaaralge" mit vollem Recht führt. Fäden aus ungleichen Zellen, die gegen das Ende zu immer länger werden und in ein „Haar" enden, legen sich dicht zu einer Kugel zusammen. Diese Kugeln können so zahlreich auftreten, daß man sie, wie Zacharias berichtet, „schon vom Boote aus wahrnehmen kann". Die Kugeln erreichen einen Durchmesser von 1·2 Millimeter; die Zellen im Zentrum der Kugel, also im basalen Teil der Fäden eine Breite von 10 μ. Interessant ist die Entwicklung einer solchen Kugelkolonie im Laufe des Jahres, die Wesenberg-Lund näher untersucht hat. Die Fäden bilden im Kugelzentrum über Grenzzellen ihre Sporen. Über diesen sterben die Zellen ab, so daß nur eine „Sporenkugel" übrig bleibt, welche überwintert. Im Frühjahr wächst die einzelne Spore zum Zellfaden aus, in dessen Mitte sich zwei Grenzzellen bilden; an dieser Stelle biegt sich der entstandene Faden ohne vorerst abzureißen. Die Zellen an den Enden des jungen Fadens wachsen in haarartige Fortsätze aus; die Fäden selbst bleiben im kugeligen „Lager" beisammen. Im Herbst bilden sich dann wieder die Sporen, und der Kreislauf beginnt von vorne.

Wenn wir da den Spaltalgen einen ziemlich breiten Rahmen eingeräumt haben, ohne dabei über die häufigsten Formen hinausgegangen zu sein, so geschah dies aus einem besonderen Grunde. Die Schizophyten sind als die primitivsten Pflanzen von Interesse, weil sie die einfachsten Vorgänge pflanzlichen Lebens am schönsten erkennen lassen. Wir können hier, wo die Struktur der Chromatophoren noch fehlt, daher auch die Betrachtung im Mikroskop nicht stört, die Pflanzenzelle deutlich in Zellwand und Zellinhalt unterscheiden, der noch nicht differenziert ist. In der Verwendung von Gallerte und von Gasvakuolen sehen wir aber schon hier auf dieser

niederen Stufe der Organisation bekannte Schwebeanpassungen.

Im System folgen nun auf die Spaltalgen die echten Algen, die Euphyceen, die eine Reihe von Ordnungen im Plankton haben. Die große Gruppe der echten Algen umfaßt Formen von höherer und niederer Organisation, also Zellkolonien und Einzeller. Das prinzipielle Unterscheidungsmerkmal dieser Klasse gegenüber der vorausgehenden ist: Teilung des Zellinhaltes in Zellkern und Zellplasma und das Vorhandensein von Farbstoffkörpern, Chromatophoren, im Zellinnern. Diese Chromatophoren enthalten nun zumeist das den Pflanzenzellen charakteristische Blattgrün, das Chlorophyll, können aber auch einen anderen Farbstoff tragen, wie bei den Kieselalgen das „Xanthophyll". In diesen Farbstoffträgern, die auch dem protoplasmatischen, also dem lebenstätigen Teil der Zelle angehören; geschieht die der Pflanze charakteristische „Assimilation", d. h. Zerlegung der aufgenommenen Kohlensäure in Kohlenstoff und Sauerstoff. Das erste Produkt dieser Assimilation ist Stärke oder das leichtere Öl, das uns bei den Schwebeanpassungen schon beschäftigt hat. Die Aufnahmefähigkeit für gelöste organische Substanz, die bei den Spaltalgen noch eine Rolle spielte, ist mehr und mehr verloren gegangen: die Euphyceen bereiten ihre Zellstoffe größtenteils selbständig aus anorganischen Verbindungen.

Von besonderem Interesse ist nun die Fortpflanzung dieser Algen, die einen gar schönen Einblick in die aufsteigende Entwicklung gewährt. Wohl findet sich noch die primitive Art der Vermehrung durch einfache Zellteilung, bei der Mutter- und Tochterzelle von gleicher Größe bleiben, also die Art, die wir schon an den Spaltalgen als die ungeschlechtliche vorfanden. Neben dieser kommt aber eine andere Art der Fortpflanzung vor, die als „geschlechtliche" be-

zeichnet wird und die ungeschlechtliche mit zunehmender Organisation in den Hintergrund drängt. Ihr Verlauf ist in den einfachsten Fällen folgender: aus einer Spore, die wie bei den Spaltalgen auch hier ungeschlechtlich gebildet wird, treten kleine grüne, mit Geißeln versehene „Schwärmer", die nach kurzer Zeit kopulieren, d. h. zwei dieser Schwärmer legen sich aneinander, worauf der Protoplasmainhalt der beiden Zellen zu einer einzigen Zelle zusammenfließt. Aus dieser, die als Zygote oder Zygospore bezeichnet wird, entsteht dann mittelbar oder unmittelbar die neue Pflanze. Bei den niederen Algen sind diese Schwärmsporen, die bei der Kopulation als Gameten bezeichnet werden, zumeist von gleicher Größe und heißen Isogameten.

Auch bei niederen Algen findet sich nun schon ein Größenunterschied in den Gameten, so daß man von Anisogameten spricht. In Analogie zu höheren Formen bezeichnet man dann den kleineren beweglicheren „Mikrogameten" als den männlichen, der den größeren weiblichen „Makrogameten" aufsucht.

Es folgt dann in der aufsteigenden Reihe der Entwicklungsstufen in der Fortpflanzung eine völlige Scheidung zwischen dem weiblichen unbeweglichen Ei und dem männlichen Spermatozoid, das beweglich ist und das Ei behufs Befruchtung aufsucht. Hiermit ist dann aber auch die Stufe der geschlechtlichen Fortpflanzung erreicht, die allen höheren Pflanzen und Tieren gemeinsam ist: das Mikroskop zeigt uns also hier die eine von den festen Brücken, welche Tier- und Pflanzenreich verbinden: das Gemeinsame in der Fortpflanzung.

Das Wesentliche der geschlechtlichen Fortpflanzung in all den besprochenen Formen ist: Die Vereinigung des Protoplasmas zweier Zellen zu einer Zelle, die wieder den Ausgangspunkt einer neuen Pflanze bildet.

In den Einzelheiten finden sich nun die größten

Unterschiede: bald haben die Schwärmzellen gleiche, bald ungleiche Geißeln; bald bildet die Eizelle nur ein Ei (Oogonium), bald eine größere Anzahl (Archegonium); einmal erzeugt die Samenzelle, das Antheridium, nur wenige, einmal viele Spermatozoiden; dann können diese auch unbeweglich sein und nur durch die Wasserströmung dem Ei zugeführt werden. Aber in allen Fällen ergibt sich aus der Befruchtung eine einzige Zelle, die hier als Oospore bezeichnet wird im Gegensatz zur Zygospore bei Isogameten.

Noch eine Eigenart der Fortpflanzung muß hier erwähnt werden, die biologisch von größter Bedeutung und mehr als eine Anpassung an ungünstige Lebensbedingungen aufzufassen ist, die „Konjugation", von der die Ordnung der Konjugaten ihren Namen hat. Bei dieser legen sich zwei Zellen aneinander, die Zellwände reißen durch, und die Inhalte vereinigen sich zu einer Zygospore, die dann zur Dauerform wird. Im Gegensatz zur Kopulation geht also hier keine Schwärmerbildung voraus. Aus der Dauerform gehen dann wieder die neuen Individuen hervor. Diese Konjugation läßt sich besonders leicht an Fadenalgen beobachten, die man jedem Graben entnehmen kann. Sind die Zellen nicht selbst in Konjugation, so kann man diese künstlich herbeiführen, indem man so eine Algenwatte in ein flaches Gefäß mit Grundschlamm bringt und frisches Wasser darübergießt. Hält man es dann auf kühler Temperatur, so wird alsbald die Konjugation beginnen.

Für das Plankton kommt nun als erste Ordnung aus den echten Algen die der Grünalgen oder Chlorophyceen in Betracht. Sie umfaßt rein chlorophyllgrüne Organismen, deren Zellen entweder gleichmäßig grün sind oder der Zellwand anliegende Chlorophyllplatten enthalten. Aus den drei Unterordnungen hat nur die der Protococcoideen Vertreter im eigentlichen Plankton.

Von den zahlreichen Familien dieser Unterordnung können hier auch nur die besprochen werden, deren Formen im Plankton besonders auffallend sind oder sehr häufig vorkommen.

Eine der auffallendsten Formen stellt die Familie der Volvocaceen in dem herrlichen Volvox, dem „Kugeltierchen", dem Entzücken aller Naturfreunde unter den Mikroskopikern.

Mit den Geißelzellen, den Flagellaten, stehen die Volvocineen, wie sie auch bezeichnet werden, an der Grenze zwischen Tier- und Pflanzenreich. Diese interessante Tatsache wird uns noch beschäftigen. Was aber die Formen besonders interessant macht, ist ihre Stellung in der Entwicklungsgeschichte. Einerseits stellen sie nämlich niedrig organisierte Wesen dar, weil sie auf der Stufe freien Herumschwärmens stehen geblieben sind. Anderseits aber zeigen sie einen deutlichen Übergang zu höheren Stufen durch Vereinigung der Zellen zu größeren Kolonien und durch Arbeitsteilung, ein Prinzip, das beim Volvox zum erstenmal in Erscheinung tritt.

Gehen wir gleich auf den im Plankton ziemlich häufigen Volvox aureus ein, so sehen wir kleine grüne Zellen, deren jede zwei feine Geißeln trägt, durch Plasmafäden verbunden an der Peripherie einer Gallertkugel angeordnet. Der Durchmesser einer solchen Kugel kann bis fast 1 Millimeter betragen, so daß diese Kolonien auch dem unbewaffneten Auge sichtbar werden. Die Zahl der vereinigten Zellen beträgt zirka 1000, nach anderen Angaben bis 22.000. Die Gallertkugel ist nicht etwa eine Schleimvollkugel, sondern eine Hohlkugel, in deren Innenraum sich Wasser befindet.

Die kleinen Zellen an der Außenseite sind etwas oval und haben etwa 5 μ Durchmesser. Sie tragen einen typischen, allerdings sehr kleinen roten Pigmentfleck, eine pulsierende Vakuole und die grüne Chlorophyllplatte, welche den Zellkern meist verdeckt.

Diese Zellen dienen als vegetative Zellen lediglich der Ernährung und dann auch der Fortbewegung der Kolonie. Zur Fortpflanzung sind sie nicht eingerichtet, würden also, von der Kolonie getrennt, absterben, ohne für die Erhaltung der Art sorgen zu können. Eine interessante Frage hat man sich oft vorgelegt, ohne eine Antwort zu finden: Wie ist es möglich, daß diese mehr als tausend Geißeln so schlagen, daß die ganze Kolonie so sicher bewegt wird und sogar Schwenkungen machen kann? Um nun das Prinzip der Arbeitsteilung beim Volvox näher zu studieren, verfolgen wir am einfachsten das Werden und Vergehen einer Kolonie im Laufe des Jahres. So interessant diese Vorgänge sind, so können wir hier doch nur die Grundzüge betrachten. Eine Kolonie, die etwa im Frühjahr dem Wasser entnommen wird, zeigt schon zumeist Zellen von verschiedener Größe. Die kleineren, die wir als Nährzellen erkannt haben, werden wir vielfach in Teilungsstadien finden, die größeren noch nicht. Hören nun die Teilungen der kleinen auf, so beginnen die größeren sich in gleicher Weise zu teilen, wobei aber die entstandenen Zellen im engen Verbande bleiben, so daß sie schließlich eine Kolonie für sich bilden, die alsbald ins Innere der ursprüng-

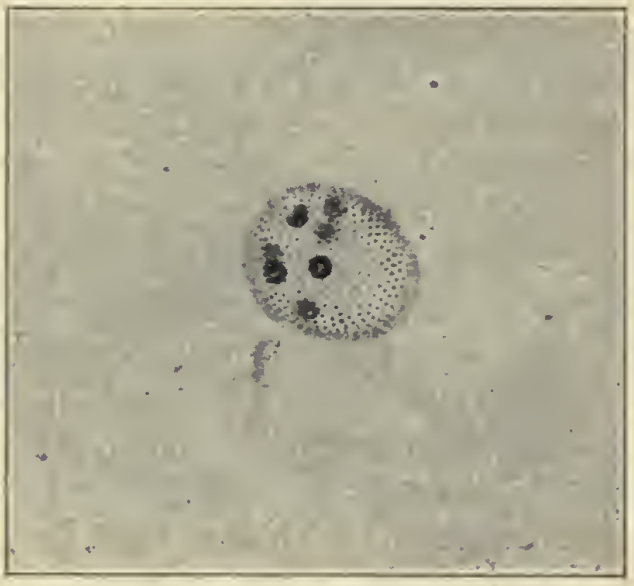


Abb. 10. Volvox aureus. (Nach einem Präparat des Biologischen Instituts.)

lichen Kugel tritt und dort frei herumschwimmt, bis sie gelegentlich durch eine Öffnung hinausschlüpft. Solche neugebildete Kolonien, die ungeschlechtlich entstehen, werden als Parthenogonidien bezeichnet. Da in diesen sich der gleiche Vorgang vollziehen kann, ehe sie die Mutterkugel verlassen, kann man mitunter drei Generationen ineinander leben sehen.

Mit fortschreitender Jahreszeit kann man dann in der Kolonie — d. h. immer in der Gallerte der Peripherie dieser Hohlkugel — größere ganz dunkelgrüne Zellen finden, die ohne Teilung wachsen und ein eigenartiges körniges Plasma besitzen. Dies sind die weiblichen Fortpflanzungszellen, die Oogonien. Sie treten nach Erlangung einer bestimmten Größe ebenfalls ins Innere der Kolonie. Andere Zellen der Peripherie nun, an Größe und Gestalt den vegetativen ursprünglich fast gleich, teilen sich auch lebhaft und einige der so entstandenen zerfallen in eine Anzahl länglicher Gebilde, die zunächst noch in der Zelle eingeschlossen bleiben. Diese rückt ebenfalls ins Innere, platzt dort und nun schwärmen die zu Spermatozoiden gewordenen länglichen Gebilde aus und suchen die Oogonien auf. Als Bewegungswerkzeuge dienen zwei lange Geißeln, als Sinnesorgan vielleicht der rote Pigmentfleck an der Geißelbasis. Hat nun ein Spermatozoid ein Oogonium gefunden, so bohrt es sich unter eigenartigen Bewegungen in dasselbe zum Zweck der Befruchtung. Nach dieser umgibt sich die Eizelle mit einer ziemlich dicken Hülle und wird so zur Spore, die eine Ruheperiode, gewöhnlich die Winterruhe durchmacht.

Nach dieser beginnt neues Leben: der Zellinhalt einer solchen Spore teilt sich in zwei, diese in vier und die wieder in acht Zellen. Dadurch und infolge Wasseraufnahme zugleich wird die Zellhülle aufgetrieben, sie platzt, und die zu Schwärmern gewordenen Zellen treten aus. Diese bilden wieder neue Kolonien,

indem sie sich lebhaft teilen und dabei im Zellverband bleiben — der Kreislauf ist geschlossen, denn von so einer jungen Kolonie sind wir ausgegangen.

Zu bemerken wäre vielleicht noch, daß nicht jede Kolonie Oogonien und Antheridien enthalten muß; es gibt auch nur männliche und weibliche Kolonien. Dann treten die Spermatozoiden ins freie Wasser und suchen weibliche Zellen auf.

Der Kreislauf einer Volvoxkolonie ist deswegen so hochinteressant, weil wir hier die Fortpflanzungsprinzipien der Natur in einem so klaren Beispiel vor Augen haben: die ursprünglichste Form der Vermehrung ist die Zellteilung; mit höherer Entwicklung folgt dann die Plasmavereinigung zweier Zellen, die vorerst noch gleichartig sind; mit fortschreitender Organisation folgt dann die Bildung eigener Fortpflanzungszellen, der Geschlechtszellen, und den Abschluß nach oben bildet die Trennung der Individuen nach Geschlechtern, der sogenannte Sexualdimorphismus.

Kehren wir nun zu den systematischen Betrachtungen zurück. Die Gattung Volvox hat im Plankton noch einen Vertreter, der allerdings mehr Uferform ist und häufiger in Tümpeln zu finden ist, den Volvox globator, dessen Einzelzellen durch dicke Plasmastränge verbunden sind. Die Oospore dieser Art ist mit Stacheln besetzt im Gegensatz zur glatten Dauerform des Volvox aureus.

Die Familie der Volvocineen ist mit dieser Gattung noch nicht erledigt. Sie sendet noch zwei Formen in die freie Seefläche, die sich allerdings an Größe und Schönheit mit dem Volvox nicht messen können. Die eine von diesen Gattungen zeigt eine Gallertkugel, in deren Innern sich meist 16 Zellen von zirka 10 μ Durchmesser eng zusammendrängen. Jede Zelle trägt zwei Geißeln zur Bewegung der Kolonie. Der Durchmesser der Kugel, des „Coenobium", be-

trägt etwa 70 μ. Diese Gattung führt den Namen Pandorina und hat nur die eine Art **Pandorina morum** (siehe Abb. 8). Auch hier findet sich die ungeschlechtliche Fortpflanzung neben der geschlechtlichen; nur nicht so kompliziert wie bei Volvox. Die erste Art besteht darin, daß eine Einzelzelle in 16 Teile zerfällt, die ein neues Coenobium bilden und sich von der Mutterkolonie loslösen. Bei der zweiten Art entstehen aus einer Zelle zumeist 8 Schwärmzellen, die ausschlüpfen und einige Zeit im Wasser frei herumschwimmen; dann kopulieren je 2 (als Isogameten) und bilden eine Zygospore. Aus dieser gehen dann nach der Ruheperiode 1 bis 3 Schwärmzellen hervor, welche wieder zu Kolonien werden. Eine Arbeitsteilung ist bei Pandorina nicht eingetreten: Ernährung und Fortpflanzung werden von den nämlichen Zellen besorgt.

Die zweite der Gattungen dann, die noch in Frage kommt, ist wieder ein Coenobium von 16 bis 32 Zellen, die aber am Rande einer Gallerthülle angeordnet sind und hier mit ihren beiden Geißeln die Fortbewegung bewirken: Eudorina mit der einen Art **Eudorina elegans**. Die Einzelzellen haben etwa 20 μ Durchmesser, die Kolonien bis 150 μ. Die Fortpflanzung geschieht entweder ungeschlechtlich wie bei Pandorina oder geschlechtlich durch Bildung von unbeweglichen Oogonien und beweglichen Spermatozoiden, die erstere aufsuchen; also eine Abweichung vom Vorgang bei Pandorina. Eudorina ist nicht so häufig wie Pandorina. Bei der Untersuchung konservierten Materials ist eine Unterscheidung beider Gattungen mitunter schwierig, da die Zellen von Eudorina schließlich in das Innere der sich allmählich lösenden Gallertkugel treten. Dann können Messungen über die Schwierigkeit hinweghelfen und die Konstatierung, daß auch bei fixierten und nicht gut konservierten Eudorinen die Zellen nie so eng zusammengedrängt sind als bei Pandorina.

Als nächste Familie können wir dann die der Scenedesmaceen angliedern, deren Gattungen mehr dem Ufer angehören, aber auch als Hochseeformen vorkommen. Hierher gehören:

Oocystis Naegelii: 2 bis 8 ovale Zellen sind in einer ziemlich weit abstehenden Hülle eingeschlossen. Mitunter umschließt eine besondere feine Haut wieder je zwei Einzelzellen. Die Vermehrung erfolgt durch sukzessive Teilung nach dem Verquellen der äußeren „Muttermembran". Außer Oocystis Naegelii gehört noch eine Reihe von Spezies zum Plankton, speziell zum Ufer.

Scenedesmus im Plankton hauptsächlich vertreten durch **Scenedesmus quadricauda** (siehe Abb 8), eine charakteristische Form, die sich leicht einprägt und durch **Scenedesmus obliquus**, der weniger häufig ist. Die schön grünen, mehr eiförmig länglichen Zellen von **Scenedesmus quadricauda** legen sich zu je 4 aneinander und bilden an den beiden äußersten Zellen je 2 beträchtliche Hörnchen aus, die wir aus den Überlegungen des ersten Teiles als Schwebeanpassungen erkennen und verstehen. Diese Hörnchen fehlen bei Sc. obliquus, dessen spindelförmige Zellen spitz zulaufen.

Richteriella botryoides (siehe Abb. 8) ist durch die langen steifen Stacheln interessant. Die Zellen sind zu Coenobien vereint, ohne durch Gallerte zusammengehalten zu werden. Eine Kolonie wird zumeist von 16 Zellen gebildet, von denen je vier in einer Gruppe beisammenstehen.

Chodatella: freischwimmende Zellen oder zu 2 bis 8 in gemeinsamer Membran. Die Zellen tragen zwei oder mehr Stacheln. So besitzt **Chodatella quadriseta** an jedem Zellende 2 Stacheln, die zirka 15 μ lang sind; Ch. longiseta je 4 bis 10 Stacheln, die bis 55 μ lang werden und Ch. ciliata, bei welcher bis 8 Zellen vereint leben, hat an jeder Zelle meist 6 Stacheln von etwa 20 μ Länge.

Weitere Vertreter hat dann die Familie der Tetrasporaceen in den beiden Gattungen: **Botryococcus** und **Dictyosphaerium.**

Botryococcus braunii hat seinen Namen von den traubenförmigen Zellhaufen von 25 bis 100 μ Durchmesser, die durch eine äußerst feine Gallertschicht zusammengehalten werden. Die Einzelzellen sind oval bis keilförmig, zirka 12 μ lang und halb so breit. Die in der Jugend grasgrünen Zellen werden später durch Öleinlagerung bräunlich. Eine ausgesprochene Traubenform entsteht mitunter durch Zusammenhängen mehrerer Kolonien mittels Schleimfäden. Über ihre Fortpflanzung schwebt noch einiges Dunkel.

Dictyosphaerium ehrenbergianum (siehe Abb. 8) hat wieder eine deutlicher wahrnehmbare Gallerthülle, an deren Außenfläche die unter sich mit feinen Fäden verbundenen Zellen angebracht sind. Die Einzelzellen — die keine Geißeln tragen — sind etwa 6 bis 9 μ lang und 4 bis 7 μ breit. Die Coenobien sind kugelig oder oval und erreichen einen Durchmesser von 80 μ. Die Fortpflanzung erfolgt durch Schwärmsporen, aus denen sich direkt neue Kolonien bilden.

Die schönsten Formen aus der großen Unterordnung der Protococcaceen umfaßt die Familie der Hydrodictyonaceen (Wassernetze), die im Plankton ihre Hauptvertreter aus der Gattung Pediastrum stellen.

Das herrliche Pediastrum, das „Zackenrädchen" bildet neben den Formen der Zieralgen das Entzücken der Mikroskopiker; denn hier hat man im schönsten Sinne des Wortes eine **Kunstform** der Natur vor Augen. Eine Kolonie von ziemlich regelmäßig polygonalen Zellen bildet ein tafelförmiges Coenobium, an welchem meist die Randzellen von den Innenzellen an Form verschieden sind. **Zacharias** hat an den Rändern noch Schwebeanpassungen in Form von feinen Haaren nachgewiesen, die sich beim Kon-

servieren leider sehr rasch verlieren. An frischem Material kann man sie finden, wenn man den Tropfen eintrocknen läßt und dann mit einem starken Objektiv untersucht.

Die Fortpflanzung geschieht durch Schwärmer, die zu 16 bis 32 und mehr aus einer Zelle austreten und sich dann regelmäßig nebeneinander legen. Nach Ablegung der Geißeln bilden sie sich dann zu der eigenartigen Form um.

Die Klassifizierung der Pediastren gibt Seligo folgendermaßen an*):

A. mit einem Fortsatz:

a) Innenzellen lückenlos zusammenschließend (oder nur eine Lücke);

1. Das grüne Zellinnere in den breit aufgesetzten Fortsatz eindringend: **Pediastrum simplex**;

2. Fortsatz nur ein farbloser Stachel der Zellhaut: **P. Sturmii**;

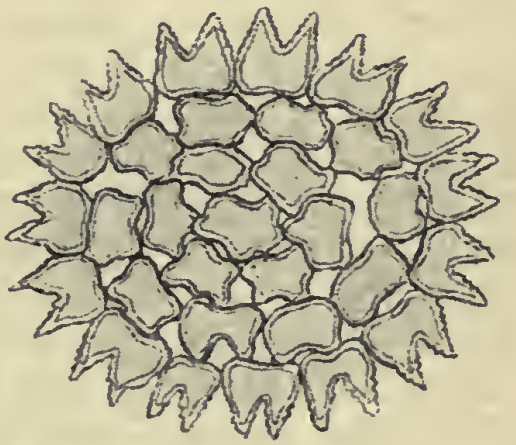


Abb. 11. Pediastrum duplex. (Nach Migula)

b) Innenzellen gelappt, mit weiten Lücken: **P. clathratum.**

B. Randzellen mit zwei Fortsätzen:

a) Randzellen mit breiten grünen Vorsprüngen:

α) die Vorsprünge der Randzellen ungeteilt;

1. Innenzellen ganzrandig, zusammenschließend; **P. boryanum.**

2. Innenzellen ausgebuchtet, Lücken lassend: **P. duplex.**

β) die Vorsprünge der Randzellen zweizähnig;

---

*) Seligo, Tiere und Pflanzen des Seeplanktons (siehe Literaturverzeichnis).

1. Innenzellen ganzrandig: P. tetras;
2. Innenzellen ausgebuchtet: P. biradiatum;

b) Randzellen mit zwei aufgesetzten Spitzen, Innenzellen ganzrandig und zusammenschließend: P. integrum.

Ich habe hier diese Einteilung angegeben, weil sie sich nach meinen eigenen Erfahrungen zur Bestimmung vorzüglich eignet; und bei so schönen Formen wie die der Pediastren erwächst der Wunsch nach genauerer Kenntnis der Artennamen von selbst.

Nun wäre unter den Grünalgen eine Familie zu besprechen, welche unstreitig die herrlichsten Formen aufweist, die der „Zieralgen" oder Desmidiaceen. Ich muß sagen, leider stellt diese Familie so wenig Vertreter in das Plankton, daß es sich von selbst verbietet, auf diese näher einzugehen. Und doch kann ich es nicht unterlassen, auf sie als Quellen schönsten Formengenusses hinzuweisen und jedem Mikroskopiker zu empfehlen, flottierende Algenwatten und besonders bräunlich schimmernden Grundschlamm stehender Gewässer nach diesen Prachtformen abzusuchen*).

Sie gehören als Familie zur Ordnung der Konjugaten, die noch der Klasse der Euphyceen zuzuzählen sind. Die Konjugaten oder „Jochalgen" haben uns schon bei den Betrachtungen über die Fortpflanzung beschäftigt.

Von den wenigen Zieralgen also wären unter das Plankton zu rechnen:

Starastrum gracile (siehe Abb. 8), an der der angehende Mikroskopiker das Beobachten lernen kann. Von oben sieht sie nämlich ganz anders aus als von der Seite (s. Abbildung). Der Körper ist durch eine Einschnürung in 2 symmetrische Hälften geteilt, deren jede in 3 lange schmale Fortsätze ausläuft, die wieder 3 feine

*) Über ihre Bestimmung siehe Literaturverzeichnis (Eyferths Einf. Lebensformen).

Spitzen tragen. Von oben nun sieht man nur die eine Hälfte mit 3 Fortsätzen, von der Seite sieht man die Einschnürung und von jeder Hälfte 2 Fortsätze. Im Geiste muß man sich dann das Gesamtbild zusammenfügen. Die Körpermembran ist fast überall mit kleinen warzenartigen Buckeln bedeckt.

Die ungeschlechtliche Vermehrung erfolgt bei den Zieralgen durchwegs dadurch, daß sich die Einschnürung, die allen gemeinsam ist, wenn sie auch äußerlich wenig in Erscheinung tritt, vertieft und schließlich die beiden Hälften trennt. Diese rücken dann auseinander und jede wächst für sich zur ursprünglichen Gestalt aus. Damit erllärt sich auch wieder die schön symmetrische „Doppelgestalt".

Closterium ceratium, durch die Gestalt recht typisch zum Schwebewesen gestempelt. Dürfte auch das einzige Planktoncloſterium sein, so häufig sonst die Formen dieser Gattung im stehenden Wasser sind. Es ist charakterisiert durch die S-förmige Biegung der Gestalt, die aber nicht immer so ausgesprochen ist. Nach Seligo erreicht es eine Länge von 415 μ.

Damit verlassen wir die Grünalgen und wenden uns einer anderen Ordnung von echten Algen zu, deren Formen mitunter an Schönheit mit denen der Zieralgen wetteifern können, der Ordnung der Kieselalgen oder Bacillariaceen, auch Diatomeen genannt, von der ja im biologischen Teil schon viel die Rede war.

Die Kieselalgen haben ihren Namen von einem eigenartigen Skelett, das diese durchwegs einzelligen Pflänzchen um das zarte Körperchen bilden. Aus dem Wasser entnehmen sie zu diesem Zwecke das gelöste Silizium und scheiden es wieder aus. So entsteht dieser schöne durchsichtige Panzer, der „aus reinem Bergkristall" gebildet ist. Gar eigenartig ist die Struktur dieses Panzers, die wohl bei den Formen des Planktons nicht so charakteristisch ist, aber bei den Tümpelformen durch ihre Eigenheiten größtes Interesse bietet. Wenn

man sie deutlich erkennen will, muß man das Material in Salpetersäure einige Minuten kochen, um alle organische Substanz aufzulösen.

Als Assimilationswerkzeug enthalten die Kieselalgen nicht das grüne Chlorophyll, sondern das gelbbraune Xantophyll, hier Diatomin genannt, das in protoplasmatische Farbstoffträger eingelagert ist. Wie wir schon im biologischen Teil gesehen haben, ist das erste Produkt der Assimilation das leichte Öl, das man stets in charakteristischen Tröpfchen in lebenstätigen Zellen findet.

Das Plasma der Zelle ist auch hier geteilt in Zellkern und Zellplasma. Der Kern ist nicht bei allen Formen sichtbar; deutlich erkennbar aber bei den größeren Formen der Gattung Navicula, da ihn hier die Chromatophoren nur in der Peripherie überdecken, während seine Hauptpartie in der Mitte der Zelle frei durchschimmert.

Eine Besonderheit zeigen die Kieselalgen, die bisher noch nicht völlig geklärt ist, so viel man sich auch schon mit der Frage befaßt hat: die meisten haben, obwohl Pflänzchen, die Fähigkeit, sich frei zu bewegen, ohne ein Bewegungsorgan zu besitzen. Man kann ihre Bewegungen sehr schön im Mikroskop beobachten. Es ist ein ganz eigenartiger Anblick, so ein „Schiffchen" majestätisch ruhig dahingleiten zu sehen, das dann plötzlich stillhält, sich wendet oder wieder rückwärts schwimmt. Auch mit stärksten Vergrößerungen wird man kein Bewegungsorgan wahrnehmen — wie von höherer unsichtbarer Macht getrieben zieht das Zellchen seine Bahn. Ich kann mich hier auf die interessanten Erörterungen über die Ursachen dieser Bewegung nicht einlassen*).

---

*) Eine zusammenfassende Darstellung dieser Frage findet sich im 2 Heft des 2. Jahrganges der Zeitschrift: „Die Kleinwelt", herausgegeben von der deutschen mikrologischen Gesellschaft. Dort behandelt H. v. Schönfeldt die Frage in einem Aufsatz: „Die Ortsveränderungen der Diatomeen".

Ehe wir auf die Fortpflanzung der Diatomeen eingehen können, müssen wir uns den Bau des Kieselpanzers näher besehen. Dieser ist insofern eigenartig, als er von oben anders aussieht als von der Seite. Man spricht hier von einer Schalen- und einer Gürtelbandseite. Den Panzer selbst kann man sich am einfachsten vorstellen, wenn man ihn mit einer Schachtel vergleicht, über die ein gut passender Deckel gestülpt ist. Der Querschnitt von Abb. 12 (Fig. 3) zeigt dies deutlich. So denken wir uns den Protoplasmainhalt der Zelle in einen schachtelförmigen Teil gelegt, über welchen dann der zweite Teil des Kieselpanzers so gelegt ist, daß die Ränder übergreifen. Sieht man nun von oben auf den „Deckel", so bezeichnet man diese Ansicht als Schalenseite; sieht man von der Seite gegen das Gebilde, so daß das Übergreifen des Deckels über die Schachtelränder sichtbar wird, so heißt diese Stellung die Gürtelseite oder Gürtelbandseite (vgl. die Abb. 12). Die eigenartige Struktur der Kieselschale besteht in den verschiedenen Zacken und Zähnchen bei den einen, in einer ausgesprochenen Felderung bei den anderen.

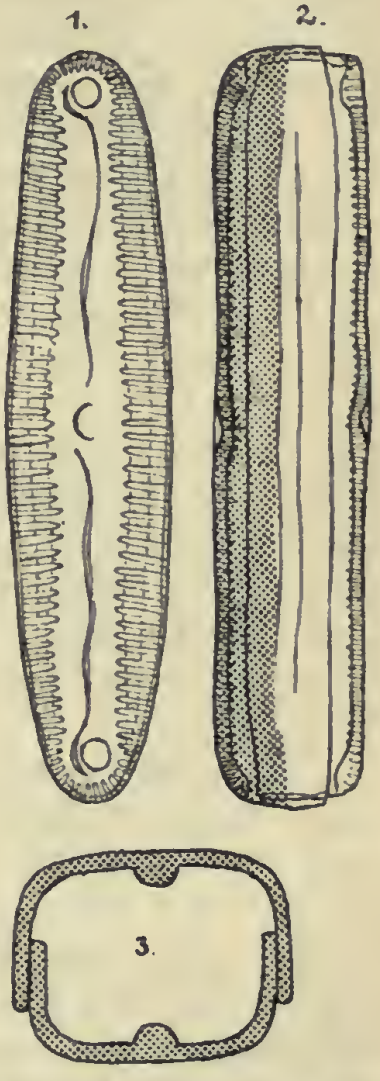


Abb. 12 Schale von Navicula. 1. Schalenseite, 2. Gürtelseite, 3. Querschnitt.

Bei der Fortpflanzung nun hebt sich die obere Schalenhälfte immer mehr und mehr, bis sie eben noch

den Rand der unteren berührt. Dann tritt eine Scheidewand durch den Zellinhalt und beide Teile treten auseinander. Damit hat jede der nun entstandenen Zellen eine Schale der ursprünglichen Zelle erhalten, die andere bildet sie nun selbst aus der eingeschobenen Grenzplatte. Damit erklärt sich eine eigenartige Erscheinung: die neue Schalenhälfte schiebt sich in die alte, ist um Schalendicke schmäler und kürzer als diese; mit jeder Teilung ergibt sich somit eine Reduktion der Breitenausdehnung sowohl als der Länge. So kommt es, daß nach fortgesetzten Teilungen die Zellen bis auf den dritten Teil der ursprünglichen Größe herabsinken. Dann tritt eine gewisse Erschöpfung ein und es folgt nun ein eigenartiger Vorgang, der als Auxosporenbildung bezeichnet wird. Bei den einen Arten tritt der Zellinhalt aus der Schale und umgibt sich mit einer feinen Membrane. Dann streckt sich das ganze und bildet wieder Schalen, die von ursprünglicher Größe sind; und nun kann der Prozeß der Teilungen und damit bedingter Verkleinerungen von vorne beginnen.

Die Auxosporenbildung kann auch auf geschlechtlichem Wege geschehen. Hier legen sich zwei Individuen der nämlichen Art nebeneinander; ihr Plasma tritt aus den Schalen und vereinigt sich zu einer Zelle, die sich mit einer mehr oder weniger starken Hülle umgibt. Bei der Weiterentwicklung, die entweder alsbald eintritt oder nach einer Ruheperiode, dehnt sich erst das ganze und dann folgt die Bildung einer oder zwei Zellen mit Schalen von ursprünglicher Größe.

Die geschlechtliche oder ungeschlechtliche Art der Auxosporenbildung ist an die Gattung gebunden.

Kieselalgen finden sich im Plankton besonders im Frühjahr und Herbst in ungeheuerer Individuenzahl und fehlen wohl zu keiner Jahreszeit vollständig. Aber trotzdem ist die Zahl der vertretenen Gattungen nicht gar groß. Es sind eben wieder die extremen Lebens-

bedingungen, die eine ganz besondere Anpassungsfähigkeit erfordern. Die Uferregion aber weist schon eine beträchtliche Zahl von Arten auf, unter denen sich nicht wenig festsitzende Formen finden. Auch im Grundschlamm selbst aus größten Seetiefen wird man selten vergeblich nach lebenstätigen Diatomeen suchen.

Die Kieselpanzer sind als anorganische Gebilde unverweslich. Stirbt nun ein Pflänzchen ab, so sinkt die Schale zu Boden. Bei der kolossalen Zahl der Individuen wiederholt sich das tausend- und millionenfach, so daß sich eine ganz feine weiße Schicht über dem Schlamm bildet. Geht das Jahrtausende vor sich, so entsteht eine Lage von Kieselgur, wovon ja schon einmal die Rede war.

Für die Einführung der einzelnen Formen ist nun die Systematik nicht so übersichtlich als bei den Spalt- und Grünalgen, wo wir der nun ziemlich allgemein angenommenen Einteilung von Migula*) folgen konnten. Wohl hat auch für die Diatomeen die Systematik ihre Familiennormen, doch sind diese noch nicht so fest, daß es sich bei den wenigen Formen des Planktons lohnen würde, auf dieselben einzugehen. Betrachten wir daher im folgenden die einzelnen in Betracht kommenden Arten in mehr zwangloser Folge.

Betrachten wir zuerst jene Kieselalgen, bei welchen die Zellen nach der Teilung im Verband bleiben und einen Faden bilden. Hierher gehören vor allem die Arten der Gattung Melosira, die im Plankton sehr häufig ist. Die Schale ist ausgesprochen dosenförmig, doch bekommt man selten eine Zelle von oben zu sehen, wo der Umriß kreisförmig ist. Die Zellen legen sich der Längsachse nach zu Reihen aneinander, so daß man zumeist die Gürtelseite zu sehen bekommt, die im

*) Im einzelnen legte ich dort die Klassifizierung zugrunde, die in „Eyferths Einfachste Lebensformen" aus Migula übernommen ist. Siehe Literaturverzeichnis.

mikroskopischen Bilde rechteckig aussieht, je nach Spezies mit abgerundeten Ecken. Die einzelnen Arten wären:

Melosira varians (siehe Abb. 8) mit abgerundeten Ecken in der Ansicht der Gürtelseite; manchmal zeigt der Umriß der Berührungsfläche der einzelnen Zellen einen Kranz kleiner regelmäßiger Dornen.

Melosira distans hat vollkommen zylindrische Schalen, die dicht aneinanderschließen und keine Dornen tragen.

Melosira binderiana hat tonnenförmige Schalen. — Melosira kommt als einzige fadenbildende Gattung in Betracht.

Mit dieser Gattung nahe verwandt sind die beiden Gattungen **Stephanodiscus** und **Cyclotella**, deren Schalen ebenfalls dosenförmig sind, aber speziell bei Cyclotella nur geringe Höhe aufweisen. Die Zellen verbinden sich bei diesen Gattungen nie fest zu Fäden. Cyclotella bildet mitunter auch Kolonien in Hohlkugelform durch Gallerteabsonderung. Auch ein loses Aneinanderreihen zu „Geldrollenform" kommt vor; im konservierten Material bröckeln diese dann leicht auseinander.

Die Unterscheidung der beiden Gattungen gibt neben der Größe die Zeichnung der Schalenseite. Beide zeigen hier radial verlaufende Punktreihen, die bei Stephanodiscus bis zum Mittelpunkt verlaufen, bei Cyclotella ein freies Mittelfeld lassen.

Stephanodiscus hantzschianus (s. Abb. 8) hat an der Peripherie der Schalenseite nach außen ragende Dornen, 28 bis 43 μ Durchmesser, 10 bis 16 μ Höhe.

Stephanodiscus astraea, etwas seltener als die vorausgehende Art und kleiner; der Rand ist glatt.

Cyclotella comta hat auf der Schalenseite nur am Rande radiale Streifen, die etwa bis zur Mitte reichen; auf den Streifen noch Punkte. Durchmesser zirka 20 bis 30 μ.

Cyclotella meneghiniana hat kürzere Streifen ohne Punkte;

Cyclotella operculata zeigt am Rande Dornen zwischen den Streifen.

Die übrigen Formen des Planktons aus der Gruppe der Kieselalgen sind durchwegs mehr oder weniger langgestreckt und zeigen mitunter charakteristische Schwebeanpassungen, die wir schon besprochen haben.

Recht typisch in dieser letzteren Hinsicht ist die Art Rhizosolenia longiseta, die man am leichtesten studieren kann, wenn man den Tropfen auf dem Objektträger eintrocknen läßt. Sie ist von stattlicher Größe: bis 160 μ, wovon die Körperlänge 60 μ, je 50 μ die Borstenlänge beträgt. Die Borsten sind exzentrisch eingesetzt.

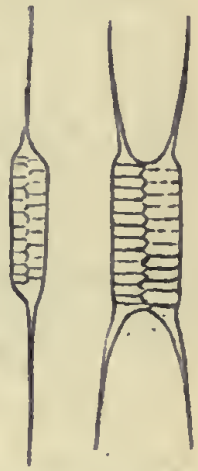


Abb. 13. Links: Rhizosolenia longiseta. Rechts: Attheya zachariasi. (Nach Zacharias.)

Auch die folgende Art:

Attheya zachariasi ist durch ihre Schwebefortsätze gekennzeichnet und ebenfalls am leichtesten im eingetrockneten Präparat zu erkennen. Auch sie wird bis 160 μ lang.

Weniger ausgezeichnet durch Größe als interessant durch ihre Schwebeanpassungen sind die beiden Gattungen Asterionella und Tabellaria. Asterionella gracillima hat uns ja bereits so eingehend beschäftigt, daß hier nur mehr weniges darüber zu sagen ist. Die Zellen sind lineal isch, mit verdickten Enden. Das Gallerthäutchen zwischen den Zellen geht beim Konservieren meist verloren. Sie kommt mitunter in ungeheuren Mengen vor; in all den Hochlandseen, die ich bisher „abfischte", bildete sie zeitweise die „Leitform". Wird die Anzahl der Zellen in einer Kolonie sehr groß, so geht der Schluß zum Stern verloren und es bildet sich dann eine Spirale.

Tabellaria verhält sich in bezug auf Koloniebildung entweder wie Asterionella und spannt eben-

falls ein feines Gallerthäutchen aus oder bildet Ketten. Der Umriß der Gürtelseite ist rechteckig, die Schalenseite zeigt in der Mitte und an den Enden Anschwellungen.

Tabellaria fenestrata (siehe Abb. 8) ist etwa achtmal so lang als breit und hat zwei innere Scheidewände, die allerdings nicht leicht zu unterscheiden sind. Die Mittel- und Endanschwellungen sind gleich dick. In kälterer Jahreszeit findet sich Kettenbildung statt der Sternform.

Die kleinere **Tabellaria flocculosa** zeigt stärkere Anschwellung in der Mitte als an den Enden. Bei dieser Spezies findet sich durchwegs die Vereinigung der Zellen zu breiten Zickzackbändern im Gegensatz zu T. **fenestrata**; auch hat sie mehrere innere Scheidewände.

Diese beiden Arten sind im Plankton nicht gerade häufig im Gegensatz zur Gattung **Fragilaria**, der „Bruchalge", die mitunter in kolossalen Mengen auftritt. Dies gilt speziell von

Fragilaria crotonensis (siehe Abb. 8), die als echte Hochseeform besonders mit Beginn des Sommers in manchen Seen zur Leitform wird. Da sich die Einzelzellen mit der Schalenseite zu Bändern aneinanderlegen, bekommt man fast nie die Schalenseite zu sehen. Die Gürtelseite ist in der Mitte verbreitert, so daß eine halsartige Vorstreckung der Enden erscheint.

Die kleinere **Fragilaria virescens** ist weniger häufig als Hochseeform, findet sich aber viel an den Ufern. Die Schalenseite hat mehr rechteckigen Umriß mit abgerundeten Enden.

Ferner eine Gattung, die uns auch bei den Schwebeanpassungen begegnete, die Synedra. Von dieser kennen wir bereits die beiden Spezies **Synedra acus** die „nadelförmige Wasserelle", **var. delicatissima**, geradezu das Urbild einer Hochseeform und **S. ulna**, die sich als Uferform im Plankton findet. Der Vergleich dieser beiden Spezies hat uns ja gezeigt, wie sich ein so einfaches Pflänzchen auf die Lebens-

bedingungen einzurichten weiß. S. acus tritt ebenfalls oft in ungeheuren Mengen auf. So bildete sie im Frühjahr die Leitform in Schliersee; sie scheint kälteres Wasser zu bevorzugen.

Von den übrigen, mehr oder weniger häufig im Plankton auftretenden Formen möchte ich noch einige aus der formenschönen Familie der Surirellen herausgreifen, die besonders im Frühjahr, zur Zeit der „Hochkonjunktur" der Kieselalgen im Plankton erscheinen. Es sind dies:

Cymatopleura solea mit eigenartig stabförmiger Gürtelseite, auf der wellenartige Erhebungen hervortreten. Die Schalenseite ist elliptisch und in der Mitte eingeschnürt; die Ecken zumeist keilförmig. Der Farbstoffkörper zeigt speziell in der Gürtelansicht wellenförmige Krümmung.

Campylodiscus noricus mit der eigenartigen sattelförmigen Gestalt in der Gürtelseite. Diese Form ist insofern interessant, als sie sich im Franzensbader Kieselgur findet. Über ihre Lager sind also bereits Jahrtausende hinweggerauscht.

Nachdem wir nun bei den Kieselalgen das ursprünglich zugrunde gelegte System nicht mehr im einzelnen beibehalten konnten, können wir zu diesem wieder zurückkehren, um eine interessante Ordnung zu besprechen, deren Vertreter uns ja auch schon vielfach beschäftigt haben: die Peridinaceen. Wir wollen uns vor allem darüber klar sein, daß diese Ordnung trotz ihrer vielfachen Beziehungen zu den Diatomeen und Zieralgen doch eine ziemlich exponierte Stellung einnimmt, was ihrer eigenartigen Ernährung zuzuschreiben ist. Man hat sie früher durchwegs zu den Flagellaten gerechnet und der Name Dinoflagellaten, den sie heute noch tragen, zeigt dies klar genug. Aber sie haben mit den Geißeltierchen eben nur den Besitz der Flagellen gemeinsam. Ihre pflanzliche Natur ist jetzt ziemlich allgemein anerkannt.

Vor allem fällt uns die typische Querfurche auf, die allen Peridineen gemeinsam ist. Zu dieser kommt eine mehr oder weniger ausgebildete Längsfurche. In diesen Furchen nun finden sich die beiden Geißeln, die natürlich nur am lebenden Material und auch da nicht immer leicht beobachtet werden können. Sie entspringen an der Stelle, wo Längs- und Querfurche zusammenlaufen. Die kürzere Geißel wird in der Längsrinne nach hinten gestreckt und dient als Steuer; die längere ist in der Querfurche halb um den Körper geschlungen und macht mit dem Ende die raschen Schwingbewegungen, die das Zellchen vorwärts bewegen. Diese Art der Lokomotion bedingt zugleich eine stete Drehung des Körperchens, so daß man bei der mikroskopischen Betrachtung den Eindruck des Rollens hat.

An dem festen Panzer, der aus Zellulose besteht, fällt die eigenartige Plättchenbildung auf, die das Ganze wie ein kunstvolles Mosaik erscheinen läßt; bei Ceratium und Peridinium ist er noch aus einigen größeren Platten zusammengefügt.

Der Zellinhalt, der den pflanzlichen Charakter der Individuen bedingt, besteht wieder aus Kern und Zellplasma, in welches die Chromatophoren eingelagert sind. Diese sind Plättchen von gelblichbrauner Farbe und enthalten den Peridinin genannten Farbstoff, der mit Chlorophyll vermischt, bei der Assimilation mittätig ist*). Das erste Produkt der Assimilation ist Öl.

Die Vermehrung erfolgt durch Teilung. Auch werden Dauerformen, Cysten, gebildet, die aus einer vorausgegangenen Kopulation entstehen.

---

*) Es liegt in der Annahme, der Farbstoff besorge die Assimilation, immer eine Ungenauigkeit; denn die eigentliche Assimilationstätigkeit der Pflanzenzelle fällt den protoplasmatischen Farbstoffträgern zu. Der eingelagerte Farbstoff ist nur sekundärer Bedeutung.

Im Seeplankton finden sich folgende Gattungen vertreten:

Peridinium hat einen aus Platten zusammengesetzten Mosaikpanzer ohne Hörnchen und zeigt die Arten: Peridinium cinctum von ziemlich runder Form und Peridinium tabulatum mit ovalem Umriß.

Ceratium, das schöne Hornzellchen, mit getäfeltem Panzer, der aus Platten zusammengesetzt ist und drei oder vier Hornfortsätze zeigt: einen auf der einen Seite der Querfurche, zwei oder drei auf der anderen. Ceratium hirundinella, die typische Planktonform, hat uns schon so viel beschäftigt, daß über ihre Form wohl nichts mehr zu sagen ist. Ceratium cornutum ist im Gegensatz dazu eine recht charakteristische Tümpelform, die wir hier deshalb nur zum Vergleich heranziehen wollen. Diese Form ist kürzer und gedrungener als das schlanke C. hirundinella und besitzt in den durchwegs nur in Dreizahl vorhandenen kurzen Hörnchen Schwebevorrichtungen, die nur kleinen Wasseransammlungen angepaßt sind. In manchen Seen nun, insbesondere in kleineren, finden sich mitunter die interessantesten Übergangsformen zwischen beiden Spezies.

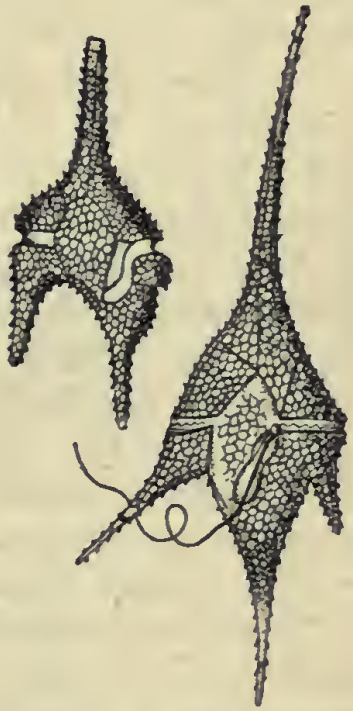


Abb. 14. Links: Ceratium cornutum. Rechts: Cer. hirundinella. (Nach Daday.)

Neben diesen beiden Gattungen finden sich noch zwei im Plankton vertreten, die durch glatte Panzer ausgezeichnet sind:

Gymnodinium mit dünner Hautschicht, so daß von einem „Panzer" nicht mehr gut gesprochen werden

kann, hat die Spezies Gymnodinium fuscum mit ovalem länglichen Umriß und genau in der Mitte verlaufender Querfurche.

Glenodinium mit dicker Hautschicht. Glenodinium cinctum hat nahezu kugelige Gestalt, an der Querfurche hervortretende Ränder; kommt im Plankton hauptsächlich als Uferform vor und ist nicht häufig.

Alle Peridineen scheinen wärmeres Wasser zu lieben und haben daher im Sommer ihre Hauptentfaltung.

Nun gliedern wir an das Phytoplankton noch die Wesen an, bei welchen der Streit um ihre Zugehörigkeit zum Tier- oder Pflanzenreich immer noch nicht entschieden ist: die Flagellaten oder Mastigophoren (Geißelträger). In ihnen hat man wohl die Grenzstufe zwischen den beiden großen Reichen der Natur zu suchen; denn ihre ganze Lebensweise zeigt pflanzliche wie tierische Eigentümlichkeiten. Insbesondere aber sind sie ernährungs-physiologisch interessant. Einige von ihnen haben Chlorophyll, können sich somit rein pflanzlich ernähren; aber es ist von ihnen nachgewiesen, daß sie auch organische Substanz aufnehmen, was tierischer Ernährung entspricht. Wenn man also nunmehr ziemlich allgemein sagt, die Flagellaten bilden den Ausgangspunkt für das Pflanzenreich, so dürfte damit das Richtige getroffen sein.

Jedenfalls erhellt aus dem ganzen Streit über die Stellung der Geißelinge ein wichtiger Satz: In den Uranfängen gibt es keine feste Grenze zwischen Tier- und Pflanzenreich — dort findet sich nur ein Reich von Lebewesen. Die Scheidung der beiden Reiche in Nahrungsproduzenten (Pflanzen) und Nahrungskonsumenten (Tiere) hat sich erst mit fortschreitender Entwicklung vollzogen.

Der Formenkreis der Flagellaten ist nun ein sehr weiter. Alle aber haben das gemeinsam, daß sie

aus einer einzigen Zelle bestehen und als Organ der Bewegung, beziehungsweise Nahrungszufuhr eine oder mehrere Geißeln am Vorderende des Körperchens besitzen.

Der Plasmainhalt der Zelle ist durchwegs geschieden in Kern und Zellplasma; meist findet man auch eine oder mehrere kontraktile Vakuolen. Die Zellhaut ist äußerst verschieden. Bei niederen Formen ist sie noch wenig ausgebildet; bei höheren ist eine deutliche „Plasmamembran" vorhanden, die aber noch dem Plasma zuzurechnen ist. Von dieser Membran verschieden ist dann die Bildung einer Hülle oder eines Gehäuses. Wieder etwas anderes ist die Anlage einer Zellulosemembran, die aber so charakteristisch pflanzlich ist, daß man all die Flagellaten, welche eine solche Membran bilden, zu den Algen rechnet. Wir sind dem z. B. bei den Volvocineen gefolgt.

Das Plankton hat wohl Flagellaten in großer Individuenzahl, doch gehören diese äußerst wenigen Gattungen an, so daß es sich nicht empfiehlt, einer bestimmten Einzelsystematik zu folgen. Wir betrachten die Formen am besten in zwangloser Folge.

Der häufigste Fagellat ist sicher das herrliche Dinobryon, das manchen See direkt als Dinobryonsee charakterisiert. Es bildet durchwegs Kolonien, die sich in Bäumchenform anordnen. Die Einzelzelle scheidet einen eigenartigen festen „Becher" aus, auf dessen Grunde sich das Zellplasma, also das eigentliche Wesen, in Form eines höchst primitiven Klümpchens findet. Es streckt aus dem Gehäuse zwei Geißeln, eine längere und eine kürzere, die in steter Bewegung sind und sowohl der Lokomotion als auch der Erzeugung eines Wasserstrudels dienen, der zur Atmung und Ernährung nötig ist. Im Zellkörper kann man zwei längliche braune Farbstoffträger und einen roten Augenfleck unterscheiden. Die Ernährung ist halb pflanzlich, worauf die Chromatophoren hinweisen,

halb tierisch, da gelöste organische Substanz aufgenommen und verarbeitet wird.

Interessant ist die Bildung einer Bäumchenkolonie. Die unterste Zelle ist die Gründerin; bei der Teilung rückt die eine Zelle im Becher empor und setzt sich oben am Rande fest. Dort sondert sie einen Becher ab, der mit dem ersten ein wenig verklebt. Dieser Vorgang wiederholt sich bei jeder Teilung, wahrscheinlich bis eine durch die Beweglichkeit bedingte Zahl erreicht ist. Mit Eintritt ungünstiger Verhältnisse erfolgt Cystenbildung. Die Cyste wird mitunter außerhalb des Gehäuses gebildet; sie ist jedenfalls vom Gehäuse unabhängig.

Die Einteilung der Dinobryonarten erfolgt nach der Form des Bechers und nach der Anordnung in der Kolonie.

Dinobryon cylindricum besitzt Becher, die oben zylindrisch und unten oft stark gekrümmt sind. Dadurch erfolgt eine buschartige Anordnung der Individuen zu Kolonien, die verhältnismäßig wenig Einzelzellen tragen. Die unteren Gehäuse der Bäumchen sind meist kleiner als die oberen.

Dinobryon sertularia hat vasenförmige Gehäuse, die am Unterrande wenig oder gar nicht gekrümmt sind. Die zahlreichen Individuen einer Kolonie sind strahlig, besenförmig angeordnet und stehen wenig ab.

Dinobryon sociale hat kegelförmige Gehäuse in strahliger Anordnung; auch hier zahlreiche Zellen in einer Kolonie, die dicht beisammen stehen. Eine Abart wäre hier das nicht seltene **D. stipitatum** (vollständig: **D. sociale forma stipitatum**), dessen kegelförmige Becher nach unten eine stilartige Verlängerung haben.

Mallomonas, die „Pelzmonade", ist ein sehr häufiger Flagellat des Planktons, dem man seine Natur als Geißelwesen nicht ohne weiteres ansieht.

Der Protoplasmakörper, der zwei ziemlich beträchtliche plattenförmige Chromatophoren enthält, ist von einem aus Schuppen gebildeten Panzer umgeben, dessen Einzelplättchen je einen langen feinen verkieselten Fortsatz mit kammförmigem Ende tragen. Die Geißel ist im konservierten Material fast nie zu sehen; darum spricht man dieses eigenartige Wesen auch nicht leicht als Flagellat an. Die häufigste Art dieser Gattung dürfte **Mallomonas Ploeslii** sein, mit kleinen runden Panzerplättchen. **M. acaroides** hat ovale Plättchen und ist selbst mehr rundlich. **M. caudata** ist am Hinterende schwanzartig ausgezogen.

Abb. 15. Dynobryon sertularia.

Synura uvella ein durch die eigenartige Koloniebildung auffallender Geißelträger. Die hinten zugespitzten, sonst eiförmigen, mit zwei Geißeln versehenen Zellen setzen sich mit diesen Hinterenden zu kugeligen Kolonien zusammen, die frei herumschwimmen.

Damit wären auch die Hauptvertreter der Flagellaten aufgezählt, die zu den freischwimmenden Formen des Planktons zählen. Nun wären noch speziell zwei Formen zu erwähnen, deren eine wir schon als „blinden Passagier" auf Asterionella gefunden haben. Sie ist ja wohl so winzig, daß man sie leicht übersieht. Als **Diplosiga frequentissima** wird sie bezeichnet und zählt zu den Kragenmonaden. Auf einem fast kugeligen gestielten Körperchen sitzt ein zylindrischer „Kragen", in welchem die Geißel schwingt. Dieser Kragen ist von einem kegelförmigen zweiten umgeben, der nur halb so hoch ist als der äußere. Mit dieser Form ist leicht zu verwechseln die noch kleinere **Diplosigopsis entzi**, deren unterer kugeliger Teil in einem zarten Gehäuse

steckt. Sie fand sich z. B. im Kochelsee ebenfalls auf Asterionella.

Der andere „Raumparasit" ist als Flagellat schwer erkenntlich, denn er hat die Geißel abgelegt. Es ist Colacium calvum, ein grünes Geißelzellchen, das sich besonders im Sommer oft massenhaft auf Crustaceen festsetzt und diese mit einem ganzen Überzug umgibt. Im Schliersee fand ich solche „grüne" Cyclopiden, die schon dem freien Auge durch ihre Färbung auffielen und in ihren Bewegungen ganz müde erschienen unter der zugemuteten Last. Wenn sie sich nur in geringen Mengen auf einem Krebschen ansiedeln, findet man sie in der Regel an den „Schwimmfüßchen", da dort das Wasser in ständiger Bewegung gehalten wird.

Haben wir nun mit der Besprechung der Flagellaten das Phytoplankton schon verlassen oder verlassen wir es jetzt? Jedenfalls wenden wir uns mit der Betrachtung der nun folgenden Gruppe der Protozoen entscheidend dem

Zooplankton

zu. Diese Gruppe stellt die allerniedrigste Stufe der Organisation dar, denn die ihr angehörenden Wesen bestehen nur aus einem Tröpfchen Protoplasma oder Sarkode, woher sie den Namen Sarcodinen haben. Sie bilden eine Klasse des großen Kreises der Urtiere oder Protozoen, zu denen ja auch die Flagellaten als Klasse gerechnet werden.

Wir ziehen die Formen dieser Klasse deswegen in unsere Betrachtungen mit herein, weil sie als primitivste Organismen von größtem biologischen Interesse sind; zu den Hochseeformen stellen sie ja keine Vertreter, wohl aber finden sich welche zuweilen als „Auftrieb" aus dem Grundschlamm und als Uferformen.

Der ganze Körper der Sarkodinen besteht, wie

schon erwähnt, aus einem Klümpchen Protoplasma mit meist deutlicher Außen- und Innenschicht, also eine einfache tierische „Zelle". Im Innern kann man den Kern mehr oder weniger deutlich unterscheiden — manche Arten besitzen mehrere Kerne — und an der lebenden Zelle fällt ein „Organ", wenn man hier so sagen kann, auf, das bald als Bläschen sichtbar wird, bald wieder verschwindet, um dann wieder zum Vorschein zu kommen: die kontraktile Vakuole, die Uranlage eines Exkretionsorganes, das auf dieser niederen Organisationsstufe wohl der Ausscheidung der beim Stoffwechsel verbrauchten Substanzen und der Abgabe des gebrauchten Atemwassers dient. Der Bewegung und der Nahrungsaufnahme dienen eigentümliche füßchenartige Fortsätze, die je nach Art an beliebiger oder bestimmter Stelle hervortreten und dann wieder in den Körper zurückgehen, beziehungsweise den Körper nachfließen lassen. In diesen „Scheinfüßchen" oder Pseudopodien, und bei den unbeschalten Sarkodinen auch im ganzen Körperchen — kann man dann eine lebhafte Strömung kleiner Körnchen wahrnehmen, die zeigt, daß das Zellplasma in stetem „Fließen" ist.

Die Nahrungsaufnahme ist höchst primitiv: der Nährkörper, Kieselalgen, pflanzliche oder tierische Überreste, wird entweder vom Körper „umflossen" und tritt an beliebiger Stelle ins Zellinnere oder wandert die Scheinfüßchen entlang und wird an der Ansatzstelle der Pseudopodien in das Körperchen aufgenommen. Hier bildet sich um das Partikelchen ein kleiner Hohlraum, die Nahrungsvakuole, in welcher die Verdauung durch das Plasma selbst besorgt wird. Unverdauliche Überreste treten wieder an beliebiger Stelle aus.

Die Fortpflanzung geschieht durch Zellteilung.

Von den Ordnungen der Sarkodinen kommen für das Seeplankton zwei in Betracht: die Wurzel-

füßler oder Rhizopoden und die Sonnentierchen oder Heliozoen.

Bei den Rhizopoden unterscheidet man zwei große Gruppen: unbeschalte Wurzelfüßler oder Amöben und beschalte oder Testaceen (Testacea).

Unbeschalte Wurzelfüßler kann man im Uferschlamm oder in Überzügen untergetauchter Pflanzenstengel immer wiederfinden. Sie kommen natürlich als richtige Planktonform nie in Frage. Ich erwähne sie aber deswegen, weil es für den angehenden Hydrobiologen von größter Wichtigkeit ist, sich an diesem primitiven Organismus die Lebenstätigkeit der Protoplasmazelle klar zu machen.

Von beschalten Rhizopoden, die sich ein für diese Organisationsstufe unglaublich kunstvolles Gehäuse „bauen", finden sich mitunter als Auftrieb im Plankton: **Difflugia globulosa**, die ihr Gehäuse aus winzigen Sand- und Schlammkörnchen zuweilen mit Kieselschalen untermischt herstellt. Die Pseudopodien treten, wie bei allen beschalten Formen, an der Öffnung des Gehäuses aus; sie sind breit und fingerförmig.

Arcella vulgaris ist charakterisiert durch das regelmäßig kalottenförmige Gehäuse. In der Mitte der ebenen Unterseite befindet sich eine kreisförmige Öffnung zum Austritt der Pseudopodien. Neben ihr werden vielleicht noch Quadrula, Nebela, Cyphoderia u. a. aus dem Uferschlamm aufgespült, so daß sie sich in Fängen aus der Uferregion finden. Im Ufergrund selbst kommen fast alle bekannten Testaceen vor, wie Penard im Genfersee nachgewiesen hat.

Von den herrlichen Heliozoen, die ihren Namen „Sonnentierchen" von der strahlenartigen Anordnung der feinen Pseudopodien haben, kommt eines sehr häufig in Seen mit moorigem Grund vor: **Actinophrys sol**, dessen schaumiges Körperchen deutlich die mit feinen Bläschen durchsetzte Rinden-

schicht von der körnigen Markschicht unterscheiden läßt. Im konservierten Material wird sie meist durch Verlust der Scheinfüßchen zum unscheinbaren Klümpchen, das man leicht übersieht.

In Seen, die ihr Zuflußwasser aus mooriger Umgebung erhalten, findet sich vielfach noch ein Sonnentierchen, das feine Kieselnadeln bildet. Diese Nadeln sind am besten wieder im eingetrockneten Präparat zu erkennen. Die Gattung ist **Raphidiophrys**; sie ist kleiner als **Actinophrys sol**. Im Anfang ist man versucht, die feinen Kieselnadeln für die Pseudopodien zu halten; von diesem Irrtum kann die Betrachtung des eingetrockneten Präparates rasch befreien.

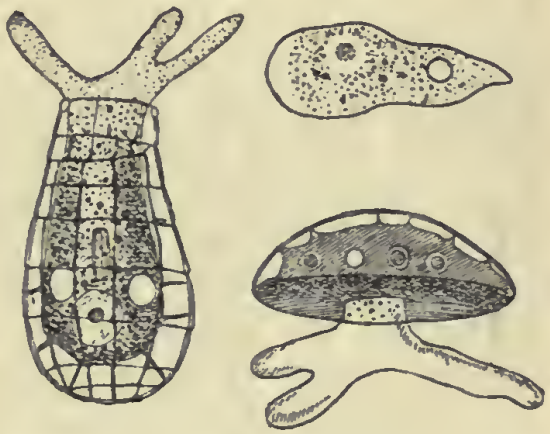


Abb. 16. Links: Quadrula; rechts: oben Amoebe limax, unten Arcella vulgaris. (Nach Daday.)

Wenn wir nun in der Organisation der tierischen Lebewesen um eine Stufe höher steigen, so gelangen wir zu einer Gruppe von Wesen, die allerdings auch noch aus einer einzigen Zelle bestehen, aber gegenüber den Sarkodinen geradezu komplizierte Organismen darstellen. Ihr auffallendstes Unterscheidungsmerkmal ist der Besitz von eigenartigen Wimperhärchen, die in fast ruheloser wirbelnder Tätigkeit sind. Diesem „Wimperkleide" verdankt die Gruppe ihren Namen: **Wimpertierchen** (Wimperinfusorien, Ciliaten).

Um uns über den Bau eines solchen Wesens zu informieren, gehen wir am besten von der Eigenart aus, die den Namen „Infusorien" oder Aufgußtierchen bedingte. Man hat sie nämlich zuerst in Aufgüssen von Pfeffer, Heu u. a. gefunden und in damaliger naiver

Auffassung geglaubt, die Tierchen seien im Aufguß neu „entstanden“; man meinte also die „Urzeugung“ in diesem einfachen Vorgange des Auftauchens von Infusorien in Aufgüssen gefunden zu haben.

Da die Planktonformen dieser Gruppe zum Studium der Organisationseinzelheiten weniger geeignet sind, empfiehlt es sich, so einen Aufguß herzustellen: in ein Glas — ein kleines Einsiedeglas — gibt man eine kleine Quantität Heu, mit etwas Heublumen darunter, gibt ein bißchen von der Straße aufgenommenen Staub hinzu, beschwert das Ganze mit einem flachen Kieselstein und gießt nun Regenwasser auf, bis etwa zu dreiviertel des Gefäßes. Die Infusion läßt man dann ruhig an einem nicht zu hellen Ort stehen. Nach etwa einer Woche wird ein Tropfen des an der Oberfläche gebildeten feinen Häutchens im Mikroskop ein Gewimmel von Wimpertierchen der verschiedensten Arten zeigen. Nun empfiehlt es sich, Tag für Tag Proben der Infusion unter das Mikroskop zu nehmen, dann kann man die meisten Formen dieser Gruppe kennen lernen.

Fragen wir uns nun zuerst: woher kommt denn dieses plötzliche Auftreten von Wasserwesen aus dem trockenen Heu und Staub?

Die Beantwortung der Frage führt zu einer ganz eigenartigen Anpassung dieser winzigen Lebewesen. Wenn nämlich das Wasser, welches Infusorien enthält, mehr und mehr verdunstet, so umgeben sich diese zarten Wesen, die nur im Wasser leben können, mit einer widerstandsfähigen Hülle, der auch die völlige Eintrocknung der Umgebung nichts schaden kann. In diesem „encystierten“ Zustande gleicht dann das Wesen einem Staubpartikelchen, das der Wind überall hin vertragen kann. Und doch ist das Leben im Innern nicht erstorben, es schlummert nur. Kommt die Cyste wieder ins Wasser, so löst sich die Hülle und das Tierchen schwimmt wieder munter im neuen Lebens-

bereiche umher. Dieser hochinteressante Vorgang, als Anabiose bezeichnet, erklärt die Allgegenwart der Infusorien im Wasser. Welche Mengen von Cysten bleiben nun z. B. im Schlamm zurück, wenn eine Regenpfütze austrocknet; welche Unzahl heftet sich an das Gras, wenn nach reichlichem Regen die Wiese ihre ursprüngliche Bodentrockenheit wieder annimmt! Dem hohen Gras führt nun auch der Wind solche Cysten in Mengen zu — so erklärt sich gar leicht, warum gerade der Heuaufguß das beste und zahlreichste Untersuchungsmaterial liefert. Denn all die angehefteten, vielleicht schon seit langem eingetrockneten Formen erwachen im Regenwasser zu neuem Leben und vermehren sich bei diesem Überfluß von Nahrung, der in dem aufgeschwemmten Pflanzenfett und den sich lösenden organischen Substanzen gegeben ist, ins Ungemessene.

Wer sich nun überzeugen will, daß in der Infusion wirklich nur schon vorhandenes Leben neu erwacht, stelle zugleich folgenden Versuch an: eine ganz so wie die erste zurechtgerichtete Infusion läßt man eine Viertelstunde lang tüchtig kochen und stellt sie dann — sorgfältig verschlossen, denn davon hängt das Gelingen des Versuches ab — am selben Orte auf wie die erst angesetzte. Durch das Kochen wurden alle vorhandenen Keime, beziehungsweise Lebewesen getötet; und wenn man hier Tropfen untersucht, wird sich keine Spur von Infusorien zeigen — vorausgesetzt, daß der Versuch sorgfältig ausgeführt wurde.

Kehren wir nun zur Untersuchung der Wesen unserer Infusion zurück. Wir entnehmen mit einer feinen Pipette eine kleine Probe des an der Oberfläche gebildeten Häutchens, geben diese auf einen Objektträger und legen darüber ein an den Ecken mit kleinen Wachsfüßchen versehenes Deckgläschen. Dieses Präparat untersuchen wir bei etwa 200facher Vergrößerung. Zur Betrachtung wählen wir vorerst die größten Formen, die der

Tropfen enthält. Dies wird einige Schwierigkeiten machen, denn die Tierchen schwimmen — scheinbar — kolossal rasch im Gesichtsfeld umher und sind aus diesem schnell entschwunden, wenn man bestimmte Formen betrachten will. Wir folgen erst durch Verschiebung des Objektträgers, um auch die Bewegung zu studieren, die erkennen läßt, daß diese winzigen Wesen schon eine primitive „Raumempfindung" haben, denn sie schwimmen ganz schön aneinander vorbei, ohne viel zusammenzustoßen, trotzdem mitunter eine Unzahl in einem Tropfen vereinigt ist.

Um nun die Bewegung etwas zu hemmen, saugt man mit Fließpapier vom Rande des Deckelgläschens Wasser ab; dadurch wird unterm Deckglas ein freier Raum geschaffen, und nun drückt der äußere Luftdruck das Deckplättchen etwas ein. So werden speziell die Tierchen, die sich unter der Mitte des Deckgläschens befinden, etwas „gepreßt", was eine Hemmung ihrer Bewegung zur Folge hat. Man muß natürlich das Absaugen recht vorsichtig machen unter steter Kontrolle im Mikroskop, da sonst die Formen durch zu großen Druck zerquetscht werden.

Hat man nun eines von den größeren Wesen durch diesen Kunstgriff zur Ruhe gebracht, fällt besonders das dichte Wimperkleid auf, das um das ganze feine Körperchen gelegt ist. Die Härchen sind noch in lebhafter Bewegung; doch ist diese nicht mehr so rasch, daß man die einzelnen „Cilien" nicht unterscheiden könnte. Wenn wir nun das Tierchen bei sehr starker Vergrößerung betrachten, so zeigen sich diese Wimpern in eine feine „Haut" eingesetzt, die das Zellplasma umgibt. Wir finden damit einen ersten großen Unterschied gegen die Sarkodinen, deren Zellprotoplasma einer schützenden Eigenhülle entbehrt. Diese deutlich erkennbare Hautschicht der Wimperinfusorien führt den Namen Pellicula; sie verhindert das Eindringen von Fremdkörpern in das Körperinnere, das Endo-

plasma*). Die Folge ist, daß zur Nahrungsaufnahme und zur Ausscheidung der Stoffwechselprodukte Unterbrechungen der Hautschicht in Form von Öffnungen notwendig werden. Dies ergibt einen zweiten beträchtlichen Fortschritt in der Organisation gegenüber den Sarkodinen, bei welchen ja im allgemeinen die Nahrung an irgend einer Stelle in den Körper aufgenommen werden kann.

Eine Öffnung zur Nahrungsaufnahme zeigt uns die betrachtete Form sehr deutlich. Wir sehen, daß ziemlich große Wimpern zu einer trichterartigen Vertiefung führen, zu welcher durch das Schlagen dieser Cilien ein fortwährender Wasserstrudel getrieben wird. Die Größe der Wimperhärchen nimmt gegen den Grund des Trichters zu mehr und mehr ab und wo diese ganz zu verschwinden beginnen, zeigt sich bei günstiger Lage des Objektes eine kleine Öffnung, durch welche das Körperprotoplasma mit dem äußeren Wasser in Verbindung tritt. Man hat den Trichter als Zellmund (Cytostom), die röhrenförmige Vertiefung zur Öffnung als eine Art Speiseröhre mit Cytopharynx bezeichnet.

Nun ist es sehr interessant, den weiteren Weg der aufgenommenen Nahrungspartikelchen zu verfolgen. Am Cytopharynx tritt das Klümpchen ins Zellinnere und wird hier mit einer „Nahrungsvakuole" umgeben. Dieses Bläschen wandert nun durch das Endoplasma, wobei der Inhalt verdaut wird. Die unverdaulichen Reste werden an bestimmter Stelle durch eine zweite Öffnung in der Pellicula ausgeschieden. Diese Öffnung, welche für gewöhnlich nicht zu erkennen ist, da sie keine besonderen Merkmale trägt, heißt Cytopyge (Zellafter).

Bei der Betrachtung fällt nun ein Organ besonders auf, das speziell bei leicht gepreßten Tier-

*) Die genaue Unterscheidung der Plasmaschichten ist: das Endoplasma (auch Entoplasma) wird von einer Schicht hyalinen Ectoplasmas umgeben, auf welches die plasmatische Pellicula (auch Cuticula) folgt.

chen in lebhafter Tätigkeit ist: die kontraktile Vakuole, die ja diese Tierchen mit den Sarkodinen und Flagellaten gemeinsam haben. Bei größeren Formen, insbesondere beim „Pantoffeltierchen" **Paramaecium**, ist sie besonders leicht zu erkennen. Hier schließen radiale Zuführkanäle ein kugeliges Bläschen ein. Erst dehnen sich nun die Kanäle aus, indem sie sich füllen; bei nachfolgender Entleerung durch Zusammenziehen geben sie ihren Inhalt an das Hauptbläschen ab, das sich dabei ausdehnt. Dann zieht sich dieses zusammen und gibt seinen Inhalt wahrscheinlich durch die Cytopyge ab. Die Bewegungen der Vakuole dienen überdies aller Wahrscheinlichkeit nach Atmungszwecken durch Beschleunigung des Wasserwechsels. Das Zusammenziehen bezeichnet man als Systole, die Ausdehnung als Diastole. So sieht man, daß die Systole des Bläschens mit der Diastole der Kanälchen und umgekehrt zusammenfällt. Diese Zuführkanäle sind nicht bei jeder Gattung vorhanden; kontraktile Vakuolen finden sich in Ein-, Zwei- oder Mehrzahl.

Wenn wir so die einzelnen organähnlichen Einrichtungen dieser primitiven Wesen überdenken, so wundert es uns nicht, daß einer der ersten Kleinweltforscher, der berühmte Chr. Ehrenberg, von echten Organen dieser Tierchen sprach und diese selbst beschrieb, als „die Infusionstierchen als vollkommene Organismen".

Nun wäre noch ein wichtiger Bestandteil des Entoplasmas zu betrachten: der Kern. Man kann ihn bei den meisten Infusorien ohne weiteres erkennen; besonders deutlich wird er im etwas gepreßten Körperchen; wenn man dem Wassertropfen noch etwas 2prozentige Essigsäure zusetzt und diese mit Fließpapier unterm Deckgläschen durchsaugt, so gerinnt der Kern rascher als das Plasma und hebt sich dann noch besser von diesem ab. Er scheint die Funktionen des Zelleibes zu leiten. Seine Form ist zumeist kugelig bis

bohnenförmig, bei einigen Arten rosenkranzförmig, bei anderen gewunden. Bei **Paramaecium** nun ist im Kern eine kleine Mulde gebildet, in welche ein zweiter kleiner Kern eingelagert ist: es ist also eine Sonderung in zweierlei Kerne eingetreten, die an Größe verschieden und auch physiologisch nicht gleichwertig sind. Man bezeichnet den großen als *Makronukleus*, den kleinen als *Mikronukleus*. Jeder der beiden ist von einer eigenen Membran umgeben; der Mikronukleus befindet sich bei den anderen Arten neben dem Makronukleus. Die Kernverhältnisse sind also bei den Ciliaten bedeutend komplizierter als bei den Sarkodinen und Flagellaten.

Die Vermehrung der Wimpertierchen erfolgt durch einfache Zellteilung, gewöhnlich durch Querteilung. Bei Tierchen aus einer Infusion kann man sie sehr leicht beobachten. Diese Art der Fortpflanzung scheint aber nur eine bestimmte Zeitlang möglich zu sein; dann tritt eine gewisse Erschöpfung ein, die nun durch den höchst komplizierten Vorgang der Konjugation ausgeglichen wird. Wir können diesen nur in den Hauptteilen betrachten.

Zwei verschiedene Individuen legen sich aneinander; dann bildet sich eine Verbindung zwischen den beiden Zellplasmen, wobei zugleich der Makronukleus verschwindet. Der Mikronukleus nun wächst und teilt sich in 2 Teile, so daß nun insgesamt 4 Kerne in den konjugierenden Zellen vorhanden sind. Durch die gebildete Plasmabrücke tritt nun ein *Austausch* von zweien dieser Teilkerne ein, indem in jeder Zelle der eine Teilkern bleibt, der andere in die andere Zelle überwandert. Damit hat jedes Individuum einen Teil des eigenen und einen des fremden Mikronukleus; diese beiden Teile vereinigen sich dann und bilden einen Makro- und einen Mikronukleus. Dann treten die Tierchen wieder auseinander und beginnen alsbald eine lebhafte Vermehrung durch Teilung.

So der eigenartige geradezu geheimnisvolle Vorgang der Konjugation bei **Paramaecium**. Bei den übrigen Gattungen spielt er sich ähnlich ab. Eines ist bemerkenswert: Bei der Konjugation spielt der Mikronukleus, der Nebenkern, die Hauptrolle. Man hat ihn daher auch als Geschlechtskern bezeichnet.

Wenn wir uns nun zurückerinnern an die Fortpflanzung der einzelligen Pflänzchen durch Zellteilung und den Vorgang der Konjugation bei diesen, so sehen wir wieder den innigen Zusammenhang zwischen Tier- und Pflanzenreich.

In systematischer Beziehung nun unterscheidet man vier Ordnungen, hauptsächlich nach der Anordnung und dem Bau der Wimpern. Diese wären: die Holotrichen, Infusorien, deren ganzes Körperchen mit ziemlich gleichartigen Cilien besetzt ist: die Heterotrichen, bei welchen kleinere Cilien die Zelle umgeben, eine Spirale größerer Wimpern hauptsächlich den Zellmund umkleidet (adorale Wimperspirale); die Peritrichen, die nur eine Wimperzone besitzen, besonders die adorale Wimperspirale und Hypotrichen, die ihre Bewimperung ausschließlich auf der „Bauchseite" tragen. An diese vier Ordnungen schließen sich noch die Sauginfusorien an, die aber für das Plankton so gut wie nicht in Frage kommen.

Auch die genannten Ordnungen haben nicht durchwegs Vertreter im Plankton, wenn auch die Uferzone mehr Gattungen aufweist als die Hochseefläche. Es kommen in erster Linie die Holotrichen und noch mehr die Peritrichen in Betracht.

Von den Holotrichen ist besonders eine Form von Interesse und in manchen Seen auch sehr häufig: **Coleps hirtus**, der schon durch seinen eigenartigen „Panzer" auffällt. Das Ektoplasma ist nämlich in regelmäßigen Feldern angeordnet, deren Pellicula erhärtet ist. In den Furchen zwischen diesen Feldern schlagen die Cilien. Der Körper ist tonnenförmig mit

breit abgestutztem Vorderende, das ganz vom Mund eingenommen wird. Das Innere des Tierchens zeigt nun meist eine Menge grüner Zellen, die eine Panzerstruktur mitunter gar nicht mehr erkennen lassen. Diese Zellen sind selbständig lebende Algen, die sich im Colepskörper gar wohl fühlen und sich dort auch vermehren. Wir finden das Zusammenleben von Tier und Pflanze in gegenseitiger Ergänzung, das uns ja im großen schon beschäftigt hat, in großartiger Weise im kleinen illustriert: Tier und Pflanze haben sich hier sogar zu einer Lebensgemeinschaft vereinigt. Das Pflänzchen, Zoochlorelle genannt, lebt im Innern des Tierchens, also im Endoplasma, ohne verdaut zu werden und liefert durch die Assimilation seinem Wirte den Atmungs-Sauerstoff gleich dorthin, wo er unmittelbar verwendet wird. Dafür ergibt der Stoffwechsel des Wirtes Kohlensäure, die sogleich vom Pflänzchen aufgenommen werden kann. So kommt jedes zu seinem Rechte bei dieser idealen Vereinigung, die als Symbiose vielfach in der Natur vorkommt. Es wird somit erklärlich, warum Coleps auch im schon faulenden Wasser noch leben kann: er hat seine Sauerstoffquelle in sich und kann so geringe Fäulnisgrade überdauern. Wenn sich die Algen im Zellinnern besonders stark vermehrt haben, erscheint er im durchfallenden Lichte ganz schwarz.

Im Plankton habe ich Coleps nie ohne Chlorellen gefunden; in Tümpeln auch ohne diese.

Von den Peritrichen finden sich mehr Arten unter den Schwebewesen. Besonders zahlreich ist die Familie der Vorticellinen, der niedlichen Glockentierchen, vertreten. Sie haben ihren Namen von der eigenartigen Körperform. Es ist eine gar nervöse Familie, deren sämtliche Glieder bei der geringsten Erschütterung zusammenzucken und das Wirbelorgan in den Körper zurückschlagen. Die weite Mundöffnung, deren Ränder verdickt und umgeschlagen sind, wird

von dem spiraligen Wirbelorgan umsäumt, das zwei Windungen (Umgänge) aufweist. Bei gestrecktem Körper steht der Mund weit offen, dem das breit entfaltete Strudelorgan den Wasserwirbel zur Atmung und Ernährung zuführt.

Interessant ist nun die Art der Kontraktion dieser Tierchen. Sie erstreckt sich bei den einen nur über den eigentlichen Körper, bei den anderen auch über den Stiel. Blitzschnell zuckt das Glöckchen zusammen und nimmt die Form einer Birne an; wird das Zellchen von einem kontraktilen Stiel getragen, so rollt sich dieser gleichzeitig spiralig zusammen. Die Kontraktion dauert nie lange; das Ganze streckt sich alsbald wieder zur ursprünglichen Gestalt unter Entfaltung des Wimperkranzes. Diese exakte Bewegung setzt das Vorhandensein von Muskulatur voraus. Sorgfältige Untersuchungen haben diese auch in Form von feinen Fibrillen finden lassen, die am Körperchen entlang ziehen, beziehungsweise im kontraktilen Stiel verlaufen.

Der Kern der meisten Glockentierchen ist ein gewundener Wulst, der in mehreren Krümmungen durch die Zelle verläuft.

Man unterscheidet nun, wie schon angedeutet, Tierchen ohne Stiel, solche mit steifem Gallertstiel und Arten mit kontraktilem Stiel.

Die meisten Vorticellinen sind festsitzende Formen, worauf ja schon der Stiel hinweist. Aber ab und zu finden sich auch freie Formen, die sich entweder vorübergehend von der Kolonie losgelöst haben oder die ganz zum freien Leben übergegangen sind. Diese letztere Frage ist noch nicht ganz gelöst. Interessant ist es, zu beobachten, wie sich ein Individuum unter Verzicht auf den Stiel von einer Kolonie löst. Über dem Stiel bildet sich plötzlich ein Wimperkranz, der zu wirbeln beginnt. Das Zellchen hebt sich dann vom Stiel ab und schwimmt fort, um sich an anderer

Stelle wieder unter Bildung eines Stieles festzusetzen.

Von den ungestielten Vorticellinen dürfte im Plankton **Cothurnia crystallina** die häufigste sein. Sie bildet sich einen zarten durchsichtigen Becher, der auf Algen (Melosira und Asterionella) angeklebt wird. In das Innere dieses Gehäuses, das noch durch einen Deckel verschlossen werden kann, zieht sich das Tierchen bei Gefahr zurück. Die Länge des Bechers beträgt nur bis 40 μ; man übersieht daher die Form sehr leicht.

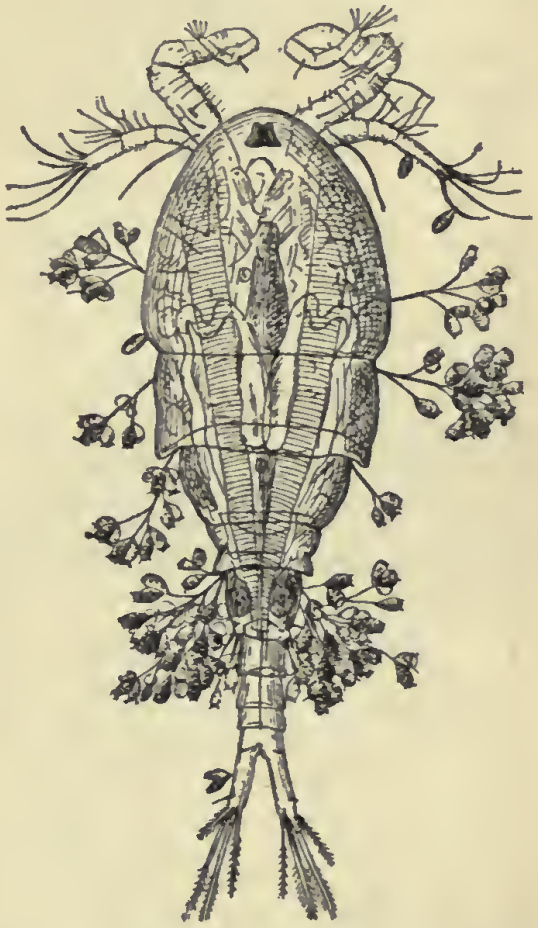


Abb. 17. Carchesium als Raumparasit auf einem Cyklops. (Nach Daday.)

Zu den gestielten Glockentierchen, deren Stiel nicht zusammenziehbar ist, gehört die im Plankton sehr häufige **Epistylis plicatilis**, die auf größeren Planktonten ihre Kolonien anheftet. Die Einzeltierchen sitzen wie Köpfchen auf den starren Stielen; an der Ansatzstelle tragen die Zellen ringförmige Falten. Mitunter finden sich auch Einzeltierchen auf Krebschen oder Algen; diese sind uns ja als „blinde Passagiere" auf Asterionella und Fragilaria schon begegnet.

Kontraktile Stiele haben die eigentlichen Vorticellen, von denen eine Art sich ebenfalls auf Asterio-

nella, noch häufiger auf Fragilaria findet. Von Epistylis ist diese Vorticella leicht zu unterscheiden, da der Stiel bei der Kontraktion korkzieherartig aufgerollt ist. Auch das herrliche **Carchesium polypinum** findet sich zuweilen. Es ist an den langen, kontraktilen, fein verästelten Stielen zu erkennen.

Zu den Peritrichen wäre dann noch ein sicher unwillkommener Gast zu rechnen, wenigstens unwillkommen für die Planktonten, bei denen er sich einstellt: **Trichodina pediculus**, ein schmarotzendes Wimpertierchen, das einen eigenen Haftapparat in Form eines Ringes ausgebildet hat, der sich aus zahlreichen, strahlig angeordneten Häkchen zusammensetzt. Mit diesem Organ setzt sich das Tierchen zumeist an den Kiemen von Fischen, auf Hydren oder auf Krebschen fest. Sie löst sich mitunter von ihrem Opfer und schwimmt dann frei herum. So kann sie auch in den Planktonfang kommen und ist dann besonders im kontrahierten Zustand im konservierten Material schwer zu erkennen.

Ein Infusor wäre noch zu erwähnen, das zur Ordnung der Heterotrichen gezählt wird und im Plankton nichts weniger als infusorienhaft erscheint: **Tintinnidium fluviatile**, das sich aus Gallerte ein eigenartiges, mit Fremdkörpern überklebtes Gehäuse baut. Im konservierten Material findet sich zumeist das Gehäuse mit einem Inhalt, der bis zur Unkenntlichkeit zusammengeschrumpft ist. Das Tierchen scheint moorige Seen vorzuziehen; ich habe es bisher nur im Staffelsee gefunden.

Eine verwandte Art dürfte die ebenfalls Gehäuse bauende **Codonella lacustris** sein, deren systematische Stellung aber noch zweifelhaft ist; die Art ist noch zu wenig bekannt. Ich habe sie auch nur im Staffelsee gefunden, wo sie allerdings im Frühjahr in größeren Mengen vorkommt. Das geradezu kunstvolle Gehäuse besteht auch aus Gallerte, dem kleine Fremd-

körper — Schmutz- und Sandkörnchen — aufgeklebt sind. Das Gehäuse besteht aus zwei deutlich geschiedenen Teilen: einem mehr kugeligen Unterteil, dem ein halsartiger, scheinbar aus Ringen zusammengesetzter Oberteil aufgesetzt ist.

Der nächste Schritt nach aufwärts in der Systematik der Planktonwesen führt zu einer Gruppe von Tierchen, die ich ohne Besinnen als die interessantesten des ganzen Planktons bezeichne, zu den

Rädertierchen

oder Rotatorien. Sie haben uns ja im biologischen Teil schon so vielfach beschäftigt, daß die nachfolgenden Zusammenfassungen nur die systematische Ergänzung der biologischen Verhältnisse bilden können. Wir stehen hier vor einer nicht zu unterschätzenden Schwierigkeit. Aus der Fülle all dessen, was von den Rädertierchen zu sagen ist, deren Studium ein ganzes Leben abwechslungsreich ausfüllen kann, soll das heraustreten, was über sie allgemein orientiert. Und dabei soll das genügen für den, der sich nur in den Hauptsachen informieren will, soll Anregung bieten dem, der weiterzubauen gedenkt. Dazu kommt, daß nicht allen in gleicher Weise dasselbe Material zur Verfügung steht: am einen Ort finden sich ungezählte Formen, am anderen, dessen Boden zuviel Kalk an das Wasser abgibt, kommen nur wenige Arten vor — so lassen wir eben die Formen selbst sprechen und sehen zu, wieweit sie unser Interesse lebendig erhalten, beziehungsweise rechtfertigen.

Die systematische wie genetische Stellung der Rädertierchen hat die Zoologen lange Zeit beschäftigt; letztere Frage ist überhaupt noch nicht gelöst, die erstere hat ihre Lösung darin gefunden, daß man die Gruppe zu den Würmern als Klasse zählt.

Ein Planktonzug ohne Rädertierchen ist wohl ein unmöglich Ding. In jedem Fangergebnis werden

sich Formen aus dieser Gruppe finden. Darum empfiehlt es sich für den Anfang die Formen näher zu besehen, um vor allem mit Sicherheit sagen zu können, ob ein Wesen in diese Gruppe gehört oder nicht. Dies ist nicht immer leicht; wenn man überdies bedenkt, daß manches einzellige Wimpertierchen an Körpergröße einem schon entsprechend hochorganisierten Rädertierchen überlegen ist — man vergleiche nur das Paramaecium mit dem kleinen Rädertierchen Lepadella — so wird es begreiflich, wie der Altvater Ehrenberg die Rotatorien zu den Infusionstierchen zählen konnte.

Besonders hier ist es notwendig, die Wesen lebend zu studieren. Wer nur aus konserviertem Material untersucht, lernt die Formen nie kennen. Denn auch die beste Konservierung erhält eines nicht, was den Tierchen ihren Namen gab: den „Räderapparat". Außerdem gibt es keine Art rascher Fixierung der Tierchen, die ausgestreckte Formen ergäbe. Und welchen Einblick diese oft bis zur Unkenntlichkeit zusammengezogenen Gestalten in den so herrlichen Formenkreis geben, kann jeder selbst erproben, der lebendes Material mit fixiertem vergleicht. Dies gilt schon für gepanzerte Formen; um so mehr dann von Arten, die keinen Panzer tragen.

Sehen wir uns nun den Bau eines Rädertierchens in den Grundzügen an. Um dies mit einem erbeuteten Tierchen vornehmen zu können, müssen wir auch ein Enteilen des Wesens verhüten. Man kann zu dem Zwecke dem Tropfen unter dem Deckgläschen langsam 2prozentige Kokainlösung zufügen, was zu allmählicher Betäubung des Tierchens führt, oder man preßt dasselbe ein wenig, wie wir es bei den Infusorien besprochen haben. Letzteres muß aber sehr vorsichtig geschehen, da sonst jede Wirbelbewegung aufhört und das Tierchen sich zusammenzieht. Ein Hilfsmittel ist auch Samen von Quitten (Cidonia) in Wasser zu legen und einen Tag stehen zu lassen. Es

bildet sich dann ein zäher Schleim, von dem man unter dem Deckglas ein Tröpfchen zusetzt. In dieser Masse können dann die Tierchen strudeln, ohne vorwärts zu kommen. Noch bequemer ist es, wenn man festsitzende Formen betrachten kann; solche liefern ja die Uferpflanzen aus dem Belag der untergetauchten Stengel.

Der schematische Bau eines Rädertierchens ist nun folgender: ein meist deutlich abgesetztes Kopfstück, das bei der geringsten Erschütterung zurückgezogen wird, trägt über einer fein strukturierten Nervenmasse, dem „Gehirn", jenes typische Wirbelorgan, das für den ersten Augenblick in seinen Bewegungen zwei sich gegeneinander drehende Räder vortäuscht. Eichhorn, einer der Altväter der Mikrologie, hat daher glattweg von einem „Radmacher" gesprochen. Bei näherem Zusehen wird man aber erkennen, daß von einem Rädern bei der Bewegung keine Rede sein kann. Der Wimperapparat besteht aus zwei Kränzen von Flimmerhärchen, deren äußerer, das Cingulum, feine Cilien trägt und sich bis in die Mundöffnung fortsetzt. Der innere Kranz hat lange kräftige Wimpern und verläuft auf der inneren Rückseite; er führt den Namen Trochus. Die einzelnen Flimmern führen nun, wenn das Organ entfaltet ist, eine eigenartige Drehbewegung aus, bei welcher das Härchen einen Kegelmantel beschreibt, dessen Spitze in der Ansatzstelle der Wimper liegt. Da uns das Mikroskop immer nur eine Ebene scharf zeigt, tritt bei dieser Bewegung die Cilie abwechselnd ins Gesichtsfeld und wieder aus demselben. Die einzelnen Härchen tun das nicht gleichzeitig, sondern nacheinander, so macht es den Eindruck, als liefe eine Art Wellenbewegung durch den ganzen Flimmerapparat — und dies täuscht die Räder vor. Es ist für den Anfang dringend zu empfehlen, sich diese Bewegung durch eingehende Beobachtungen genau klar zu machen; das beste Material hierzu dürften die

größeren Formen bieten z. B. Hydatina oder Philodina, die jeder Tümpel oder Graben liefert.

Die Bauart des Räderorgans — wie es immer noch bezeichnet wird — ist natürlich nach den einzelnen Gattungen verschieden und dient somit als Hilfsmittel zur Klassifizierung. Aufgabe desselben ist sowohl Lokomotion als Nahrungszufuhr; bei einigen Gattungen ist in dieser Beziehung eine Arbeitsteilung eingetreten, indem der Trochus — der auch präoraler Wimperkranz heißt — die Fortbewegung übernommen hat, während das Cingulum — der postorale Kranz — der Nahrungszufuhr dient.

Dieses Herbeistrudeln der Nahrung kann man sehr leicht beobachten, wenn sich ein Tierchen etwas festgesetzt hat. Das Schlagen der Wimpern, speziell der langen Trochuscilien, erzeugt einen kräftigen Wasserstrudel, der alles Kleinzeug mitnimmt, das in erreichbare Nähe kommt. An der Nervenmasse des Apparates befinden sich nun feine Tastorgane, welche über die Aufnahme der zugewirbelten Partikelchen entscheiden. Was abgelehnt wird, trägt der Strudel in seinem Weiterverlauf wieder fort; was als brauchbar befunden wurde, tritt durch die Mundöffnung in den Kaumagen. In diesem bewegt sich fast ununterbrochen ein Organ, das man anfänglich für ein Herz halten möchte; denn die klappende Bewegung dieses Apparates täuscht das Schlagen eines Herzens vor. Das Organ ist aber ein Kauwerkzeug, das zum Zerkleinern der Nahrung dient. Einzellige Algen, Wimperinfusorien, Flagellaten, kleinere Rädertierchen, mitunter sogar Crustaceen passieren diesen geradezu fürchterlichen Apparat und werden hier zerkleinert.

Der Kauapparat ist nach Gattung und Art verschieden und bildet ein wichtiges Bestimmungsmerkmal.

Aus dem Kaumagen, auch Mastax genannt, geht die nunmehr zerkleinerte Nahrung durch eine

mehr oder weniger lange Speiseröhre, den Oesophagus, in den eigentlichen Magen oder Mitteldarm. Hier findet die Auflösung statt, worauf der Nährbrei in den Enddarm weitergeleitet wird, soweit ein solcher vorhanden ist. Fehlt dieser — wie bei Asplanchna — so werden die unverdaulichen Reste wieder durch die Mundöffnung ausgestoßen, wo ein Enddarm vorhanden ist, führt er zu einer Kloake.

Etwas über dem großzelligen Magen, der durch seine eigenartigen polygonalen Zellen und meist bräunliche Pigmentierung leicht zu erkennen ist, finden sich zwei größere Drüsen, welche wohl Bauchspeicheldrüsen (Pankreas) sind.

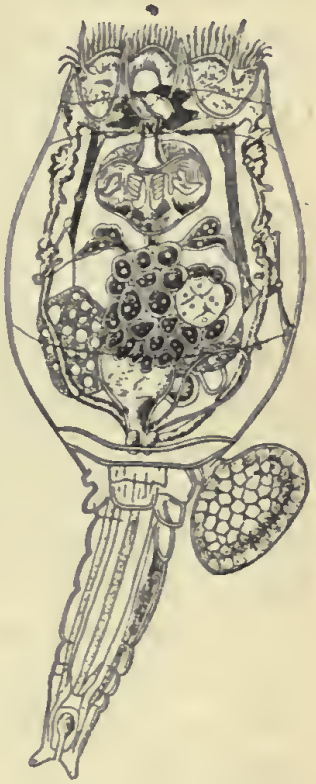


Abb. 18. Brachionus pala. (Aus Jahrbuch für Mikroskopiker.)

Neben dem Verdauungstraktus ziehen die feinen Exkretionsorgane, in Form zarter Kanälchen, die links und rechts — zumeist wenigstens — am Kopfe beginnen und unter labyrinthartigen Verknotungen oder mit feinen Flimmertrichtern besetzt zu einer Blase führen, welche sich gegen die Kloake öffnet. Man kann mit starker Vergrößerung gar leicht das Schlagen der Flimmerhärchen in diesen Trichtern erkennen.

Neben, beziehungsweise unter dem Mitteldarm befindet sich ein großer Zellkomplex, der durch meist deutlich abgegrenzte Innenzellen auffällt: Das Ovarium. In diesem entwickeln sich die Eier bis zur Reife. Dann treten sie zur Embryonalentwicklung entweder in den „Bruträum" in der Leibeshöhle oder sie werden in der Nähe der Ausgangsöffnung angeklebt und bleiben hier, bis das junge Tierchen davonschwimmt.

An Sinnesorganen fallen uns besonders die meist tiefroten Augen auf, von denen je nach Gattung drei oder zwei vorhanden sind. Viele besitzen auch nur ein Auge, das dann ziemlich groß ist. Sind mehrere Augen vorhanden, so ist meist eines am Gehirn angebracht und wird mit ihm und dem Räderorgan bewegt. Ein weiteres typisches Sinnesorgan ist der dorsale Taster, ein kompliziertes, von feinen Nerven durchzogenes Gebilde, welches jedenfalls bei der Nahrungsaufnahme in Tätigkeit tritt und wohl die Bewegung des Wassers zu „prüfen" hat.

Die Muskulatur dieser mitunter recht kräftigen Tierchen ist meist sehr deutlich zu erkennen, besonders die starken Rückziehmuskeln für das Räderorgan, die den Rücken entlang laufen. Auch die Muskulatur für die Bewegung von Schwimmapparaten wie sie z. B. Polyarthra besitzt, bieten lehrreiche Beispiele für das Studium der Muskelstruktur. Auch die Muskeln des „Fußes" festsitzender Formen sind sehr interessant, denn die Streifung zeigt sich hier sehr deutlich. Da läßt sich eine lehrreiche Vergleichsbeobachtung machen: die freien Seeformen haben zumeist keinen Fuß. Wo er aber erhalten ist, zeigt er ungleich zartere Muskulatur als der der festsitzenden. Bei letzteren zieht sich dann durch einen Teil des Fußes ein zartes Kanälchen, das den Zehen das Sekret der „Klebdrüsen" zuführt, womit sich die Tierchen festhalten.

Das Interessanteste an den Tierchen ist ihre Fortpflanzung, die wir bereits aus dem biologischen Teil kennen (s. S. 60).

Damit wäre das Allgemeinste über diese so interessante Gruppe angedeutet*).

Die systematische Einteilung der Rädertierchen

*) Etwas ausführlicher habe ich dies behandelt in einem Aufsatze: „Der Bau eines Rädertierchens als Beispiel einfacher tierischer Organisation" im „Jahrbuch für Mikroskopiker" (siehe Literaturverzeichnis).

stützt sich vor allem auf die Lebensweise: ob freilebend oder festsitzend; dann auf das Vorhandensein oder Fehlen eines Panzers. Im Plankton kommen natürlich nicht aus allen Ordnungen Vertreter vor; insbesondere gehören festsitzende Formen fast ausschließlich in die Uferregion und werden sich wohl nur äußerst selten in einem Hochseefang als hinausgeschwemmte Exemplare finden. Fischt man aber das Ufer ab, so kann man nicht gar selten vom Wellenschlage losgerissene festsitzende Wesen erbeuten. Man muß sich dann wohl hüten, diese unter die eigentlichen Planktonformen zu rechnen.

Die einzelnen Ordnungen der Rotatorien sind nun:

Weibliche Tiere dauernd festsitzend, mit Gehäuse oder Gallertscheide, häufig koloniebildend: **Rhizota** (im See als Uferformen an untergetauchten Stengeln. Nur eine Art ist zur Planktonform geworden).

Weibliche Tiere nie festsitzend, nie mit Gehäuse oder Gallerthülle, nie koloniebildend: **Ploima** (für das Plankton natürlich die wichtigste Ordnung).

Diese Ordnung zerfällt in die Unterordnungen:

Rumpf ungepanzert: **Illoricata**;

Rumpf gepanzert: **Loricata**.

Körper mit langen, dicken flossenartigen Fortsätzen, die zum Springen dienen: **Scirtopoda**. Die Ordnung der Bdelloida mit teleskopartig einziehbarem Fuß hat auch keine Vertreter im eigentlichen Plankton.

Diese Einteilung ist entnommen aus: Eyferth-Schönichen, „Einfachste Lebensformen" (siehe Literaturverzeichnis). Sie entspricht der Klassifizierung nach den neuesten Ergebnissen.

Von der Ordnung der Rhizota unterscheidet man zwei Familien: die Floscullariden und die Melicertiden. Die erste Familie zeichnet sich durch eine geradezu prachtvolle Entfaltung des Räderorgans aus. Hier ist das Cingulum stärker entwickelt als der Trochus; es ist in fünf bis sechs kurze Zipfel ausgezogen, an denen

Bündel von langen steifen Wimpern stehen. Um den Körperbau zu zeigen, wurde die Figur aufgenommen.

Die Familie der Melicertiden hat einen Vertreter im Hochseeplankton. Wohl verträgt sich der Begriff Schwebewesen nicht mit dem ersten Ordnungsmerkmal: festsitzend, aber mit dem zweiten: kolonienbildend. Bei der Gattung Conochilus ist nämlich die ganze Kolonie zur pelagischen Lebensweise übergegangen. Die Einzeltierchen haben an einem mehr glockenförmigen Körper einen Fuß, der etwas länger ist als der Körper, aber nicht in diesen zurückgezogen werden kann; er wird nur zusammengezogen. Im Fuß befinden sich nun stark ausgebildete Klebedrüsen, welche aber Gallerte absondern. Eine Gallertekugel umschließt nun die ganze Kolonie, welche bis zu 30 Individuen enthält. Im konservierten Material erhält man fast nie Exemplare mit ausgestrecktem Fuße; doch ist Conochilus auch in diesem Zustand unschwer zu erkennen. Von der kolonienbildenden Gattung unterscheidet man zwei Arten: Conochilus unicornis mit einem Rückentaster und Conochilus volvox mit zwei solchen Tastern; letztere Art ist auch kleiner als erstere.

Abb. 19. Conochilus volvox. (Nach Daday.)

Zu diesen beiden fügte Seligo noch eine dritte Art, die niemals Kolonien bildet und auch 2 Taster besitzt: Conochilus natans. Diese Form ist sogar größer

als C. unicornis und ist von einer weiten, glashellen Gallerthülle umgeben.

Nun zur Ordnung der Ploima, die das Rädertierplankton beherrscht. Betrachten wir erst die Unterordnung der ungepanzerten Rotatorien, der Illoricaten, die eine Reihe von Familien umschließt. Von diesen kommt für das Plankton vor allem die Familie der

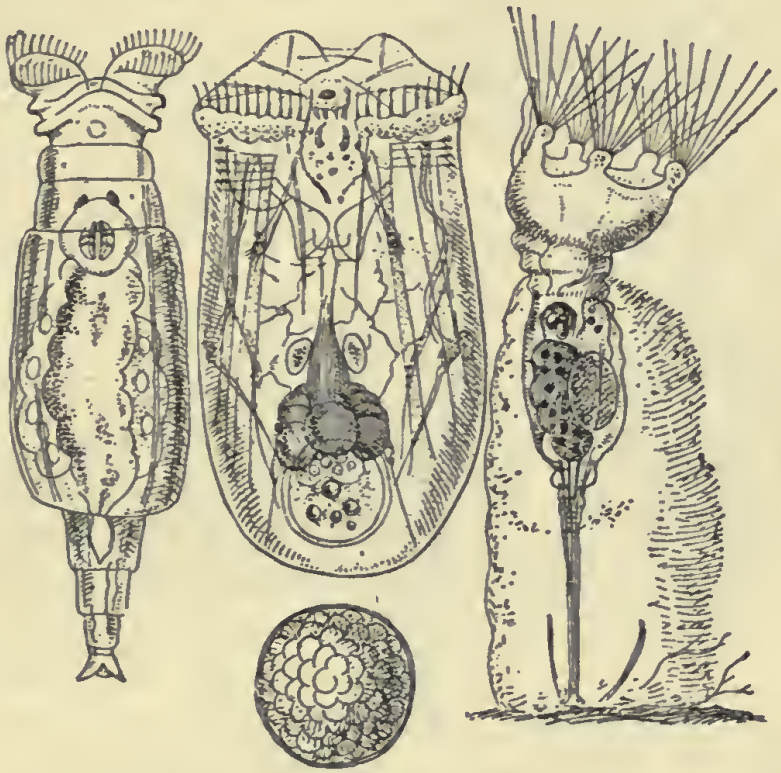


Abb. 20. Links: Philodina; in der Mitte: Asplanchna priodonta, darunter ein Dauerei; rechts: Floscularia. (Nach Daday.)

Asplanchnaden in Betracht, die durch das Fehlen des Enddarmes charakterisiert ist. Die Körperform ist ausgesprochen sackartig. Bei dieser Art ist natürlich wieder ein großer Unterschied zwischen der lebenden und konservierten Form.

Asplanchna priodonta eine der gefräßigsten Planktonformen; ihr fallen selbst Kopepoden zum Opfer. Am kegelförmigen Räderorgan fehlt der Trochus

vollständig. Das Tierchen wird bis $1^1/_2$ Millimeter groß und behält die Eier im Brutraum, bis die Jungen entschlüpft sind; diese, etwa halb so groß als das Muttertier, schwimmen dann meist noch im Brutraum etwas herum, ehe sie den Ausgang finden. Die Art hat drei Augen: ein großes im Nacken und zwei Nebenaugen auf vorspringenden Ausläufern der Stirne. Die Kiefer sind zusammengedrückt mit gebogenem, sichelförmigem Außenrand; der Innenrand ist gerade. Zumeist erscheinen die Männchen der **Asplanchna priodonta** im Mai und Oktober; sind aber vereinzelt schon das ganze Jahr hindurch beobachtet worden. Sie sind bedeutend kleiner als die Weibchen und kegelförmig.

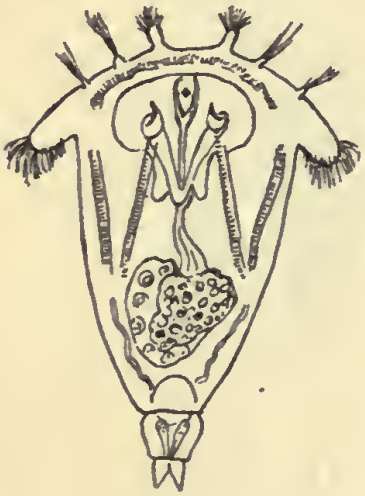


Abb. 21. Synchaeta pectinata. (Nach Zacharias.)

Asplanchna brightwelli hat mehr oval-zylindrischen Körper und nur ein auf dem Gehirn sitzendes Auge. Die Kiefer sind zylindrisch und sichelförmig gegeneinander gebogen. Männchen und Weibchen dieser Art sind gleich.

Asplanchnopus myrmeleo unterscheidet sich von der vorausgehenden Gattung hauptsächlich durch den Besitz eines seitlich vorstreckbaren Fußes, der allerdings ziemlich kurz ist.

Die nächste zu betrachtende Familie wäre die der **Synchaetaden**, deren Formen durch einen kegelförmigen Körper ausgezeichnet sind. Auf dem Räderorgan finden sich stets Erhebungen, die Wimperbüschel tragen, und Tastborsten. Auch ein kurzer Fuß mit zwei Zehen ist vorhanden.

Synchaeta pectinata trägt am Räderorgan zwei seitlich abstehende, bewimperte Vorsprünge, auf

der Stirnseite zwei Taster und vier Borstenwarzen. In der Mitte der Stirn befindet sich ein rot oder bläulich pigmentiertes Auge. Die Sommereier tragen lange feine Stacheln, wohl zur Erhöhung der Schwimmfähigkeit.

Nun eine Familie, die gar charakteristische Formen des Planktons stellt: die **Triarthraden**. Der Körper ist stets fußlos und besitzt eine dicke **Cuticula** (Haut), die durch Chitinleisten verstärkt ist, so daß man mitunter einen Panzer zu sehen glaubt. Was die Familie zur echten Planktonfamilie stempelt, ist das Vorhandensein typischer Schwimmwerkzeuge, die uns ja im biologischen Teil schon begegnet sind. Die Formen dieser Gruppe sind:

Polyarthra platyptera, die auch im konservierten Material an ihren schwert-, beziehungsweise federartigen Flossen leicht zu erkennen ist. An jeder Seite des etwa rechteckig umrissenen Körpers, dessen Kanten abgestumpft sind, finden sich zwei Bündel von je drei solchen Flossen, so daß insgesamt 12 solcher Ruder vorhanden sind. Die Muskulatur, die diese Organe bewegt, ist an der deutlichen Streifung gut zu erkennen.

Die Beobachtung lebenden Materiales ist hier sehr interessant, da sich dann die eigenartige Bewegung studieren läßt. Gewöhnlich schwimmt das Tierchen mit Hilfe des Räderorganes im Tropfen dahin; plötzlich dann ein Schlag mit den Flossen, und es ist aus dem Gesichtsfeld entschwunden: Diese Flossen dienen also zu stoßweisen, hüpfenden Bewegungen. In der Nackenmitte sitzt ein rundes, tiefrotes Auge.

Thriarthra longiseta ist nicht so häufig wie die vorausgehende Art. Sie hat einen länglich runden Körper mit drei sehr langen Springborsten, deren eine am Hinterende, zwei am Vorderende des Körpers stehen. An der Stirn befinden sich zwei Augen. Die Angabe Seligos, daß sie bei häufigem Vorkommen

oft zu 3 bis 10 Stück fest miteinander verkleben, habe ich im Tegernsee bestätigt gefunden, wo sie sonst allerdings nicht gar häufig ist.

Damit wären die Familien der ungepanzerten Rädertierchen erschöpft. Es zeigt sich auch hier, was wir schon im biologischen Teil erkannt haben: Verhältnismäßig wenig Gattungen, aber mitunter ungeheuere Individuenzahl. Das Gleiche gilt von der nächsten Unterordnung der Loricaten, welche reizende Formen aufweist. Bei ihnen läßt das konservierte Material wenigstens die Panzer vollständig erkennen, wenn auch der Körper selbst bis zur Unkenntlichkeit der Organe zusammenschrumpft.

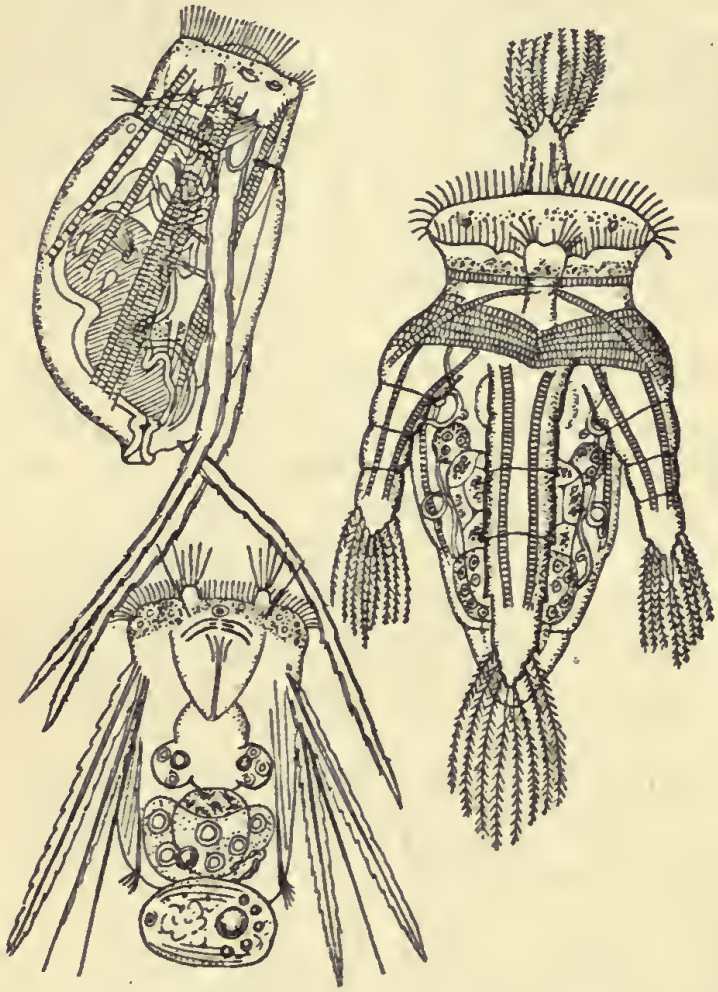


Abb. 22. Links oben: Triarthra longiseta, darunter Polyarthra platyptera; rechts: Pedalion mirum. (Nach Daday.)

Als erste Familie der Gepanzerten wäre die der Rattuliden zu nennen, eine sehr formreiche Gruppe, die aber nur einige Arten ins Plankton liefert. Der Panzer besteht aus einem einzigen röhrenförmigen

Stück, an welches sich ein kurzer Fuß mit einer oder zwei Zehen ansetzt.

Mastigocerca capucina ist wieder biologisch sehr interessant. Der kurze, fast stummelförmige Fuß trägt eine Zehe, deren Länge die des Panzers fast erreicht. Als Haftorgan kann diese natürlich nicht in Frage kommen; dafür hat sie eine andere Funktion übernommen: sie ist zum Schwebeorgan geworden, zum Nadelansatz. Entsprechend dieser neuen Funktion ist sie nun ganz anders gestaltet; aber an die frühere Funktion erinnert der feine Kanal, der die Zehe noch durchzieht. Neben dieser Zehe trägt der Fuß noch zwei ungleiche Nebenborsten. Das Hauptunterscheidungsmerkmal dieser Art ist die Form des Panzers, der sich, von der Seite gesehen, wie eine Kapuze über das Kopfende vom Rücken her wölbt.

Mastigocerca kommt noch in einigen Arten vor, deren Unterscheidung besonders in fixiertem Material ziemlich schwierig ist: **Mastigocerca bicornis** mit langem zylindrischen Panzer, der vorne in zwei Dornen ausgezogen ist. Der Fuß ist lang und trägt eine lange gekrümmte Zehe, an deren Basis vier ungleich lange Griffelchen stehen. Die Länge der Zehe scheint mit der Jahreszeit zu wechseln.

M. stylata hat unregelmäßig ovalen Körper mit einer Zehe, deren Länge unter einem Drittel der Körperlänge bleibt. **M. setifera** trägt eine starke Nackenborste und einen hakenförmigen Stirnfortsatz.

Schizocerca diversicornis leitet bereits zur folgenden Familie über. Sie hat einen kräftigen Fuß, der am Ende zwei Zehen trägt. Am Hinterende befinden sich zwei Stacheln, von denen der eine verkümmert ist; daher ist der Speziesname gebildet (verschiedenhörnig). **Sch. var. homocerus** hat zwei gleichartig gebildete Hinterstacheln.

Die Familie der Brachioniden nun ist im Tümpel mit einer großen Zahl von Arten vertreten;

im Plankton der Seen hat sie nur wenig Formen. Die Brachioniden zählen zu den formenschönsten Rädertierchen und sind infolge der glasklaren Transparenz des Panzers sehr dankbare Studienobjekte für den, der ihre Organisation näher betrachten will. Sie lieben große, tiefe Seebecken nicht; man wird sie zumeist in flachen, kleineren Seen finden. Ihr Panzer besteht aus Dorsal- und Ventralplatte, deren Ränder verbunden sind. Die Dorsalplatte ist meist gewölbt, die Ventralplatte flach. Die Formen tragen alle einen muskulösen Fuß mit 2 Zehen. Der Panzer hat nach der Dorsalplatte vorne 4 bis 12, hinten meist 2 Dornen. (Bei **Noteus**, der sich ab und zu in flachen Seen speziell als Uferform findet, sind 2 Dornen vorne und hinten ziemlich lange ausgezogen.)

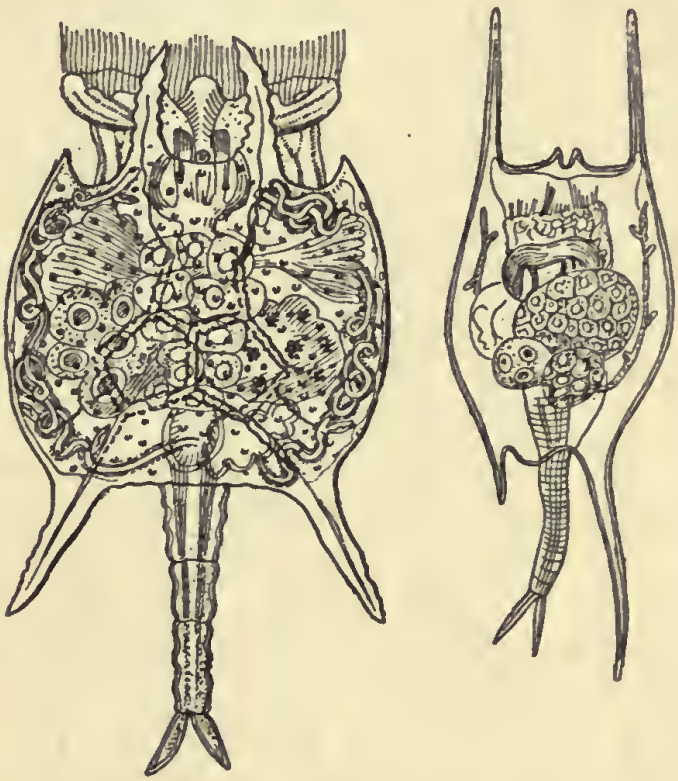


Abb. 23. Links: Noteus; rechts: Schizocerca diversicornis. (Nach Daday.)

Für den Fuß ist im Panzer eine meist kreisförmige Öffnung am Hinterende des Bauchschildes, welcher ein Ausschnitt des Rückenschildes entspricht.

Als echte Planktonformen, wenn auch zumeist nur in flachen kleineren Seen, kommen vor:

Brachionus pala mit länglich eiförmigem

Körper und ziemlich gleich langen vier Dornen des Vorderrandes; zwischen den beiden mittleren ist eine tiefe Einkerbung, in welcher sich der dorsale Taster befindet. Die Eier heften sich mitunter durch feine Gallertfäden an.

Brachionus angularis hat einen rauhen Panzer, der durch Leisten in Felder geteilt ist. Ihm fehlen die charakteristischen Stacheln der anderen Brachioniden; nur am Hinterende trägt der auch weniger durchsichtige Panzer zwei stumpfe, kurze Zacken und zwei ebensolche am ventralen vorderen Rande. Der Umriß des Panzers ist fast sechseckig. Im konservierten Material erhält man äußerst selten Exemplare mit ausgestrecktem Fuße.

Als letzte Familie der Loricaten schließt sich nun die der **Anuraeaden** an, deren Angehörige typische Vertreter des Hochseeplanktons sind. Sie können an Formenanmut mit den Brachioniden wetteifern. Auch ihr Panzer besteht aus Dorsal- und Ventralplatte, die seitlich verschmolzen sind. Der Fuß fehlt; dafür ist der Panzer am Rückende in einen oder zwei lange Dornen ausgezogen, die uns ja als Schwebeanpassungen schon beschäftigt haben und denen wir auch beim Saisondimorphismus wieder begegnet sind.

Anuraea cochlearis, das „löffelförmige Stutzrädchen", hat konvexe Dorsalplatte und schwach konkave Ventralplatte. Der dorsale Vorderrand des Panzers trägt sechs gekrümmte Dornen, die dem vorgestreckten Räderorgan als Stütze dienen. Das rückwärtige Ende des Panzers trägt nur einen Stachel, dessen wechselnde Länge in Verbindung mit Verringerung der Panzergröße den eigenen Namen der nach Saison dimorphierenden Formen verursacht hat. Erinnern wir uns der Tecta-, Hispida- und Irregularis-Reihe aus unseren früheren Betrachtungen. Wie man sich bei Untersuchung lebenden Planktonmateriales überzeugen kann, findet man im Fang mehr leere Panzer als

lebende Tierchen; im Wasser lebt sich's eben gar rasch — ein Rädertierleben zählt wohl nur nach Tagen.

Anuraea aculeata ist von der vorigen Art leicht zu unterscheiden: sie ist größer und hat zwei Stacheln am Rückende des Panzers. Auch bei dieser Art wechselt die Form und Größe mit der Jahreszeit; auch bei ihr können die Stacheln ganz verschwinden. Auf der Dorsalseite des ungefähr rechteckig umrissenen Panzers finden sich drei Reihen sechseckiger Felder, die mehr oder weniger deutlich sind. Sie scheint kälteres Wasser zu bevorzugen; doch kommt sie das ganze Jahr vor. Sie ist im allgemeinen weniger häufig als **A. cochlearis**.

Notholca longispina, die wir ja längst aus unseren biologischen Betrachtungen kennen, ist unstreitig eine der anmutigsten Formen des ganzen Planktons. Ihre langen, zarten Stacheln sind typische Anpassungen, die das Tierchen zur Hochseeform stempeln. Von den drei Stacheln stehen zwei am Vorderrande, eine am Rückende des Panzers. Das dorsale Vorderende trägt außerdem die sechs Dornen als Stütze des Räderorganes. Auch sie scheint das kältere Wasser nicht zu scheuen. Im Staffelsee fand ich sie im Winter unter Eis mit Eiern.

Anuraea und **Notholca** dürften die zahlreichsten Individuen unter den Planktonrädertierchen aufweisen. In dieser Hinsicht kann höchstens **Asplanchna** und **Polyarthra** mit ihnen wetteifern; doch kann sich das Bild nach Örtlichkeit und insbesondere nach Temperatur des Sees verschieben.

Als Abschluß dieser Gruppe folgt dann noch eine Ordnung, die allerdings nur eine Familie mit nur einer Gattung enthält: die Ordnung der **Scirtopoden**. Zu ihr zählen freilebende Rädertierchen ohne Hülle und Panzer mit armartigen Fortsätzen, die zum Springen dienen. Diese Fortsätze sind mit langen, fingerähnlichen Chitinborsten besetzt.

Die hierher gehörige Familie der Pedalioniden

hat nur die Form **Pedalion mirum** (Synonym **Hexarthra**). Das Tierchen ist wohl als Planktonform selten, kommt aber in warmen größeren Teichen häufig vor und ist mitunter Uferform. Es ist ein Wesen von so ausgesprochener Schönheit, daß ich es nicht unerwähnt lassen möchte. Die Verteilung der eigenartigen Fortsätze ist: einer auf der Bauch-, einer auf der Rückseite, je zwei an den Seiten bauch- und rückseits, so daß insgesamt sechs solcher Fortsätze vorhanden sind (daher der frühere Name Hexarthra).

Damit wären die Hauptformen aus der Gruppe der Rädertierchen aufgezählt, die für das Plankton in Frage kommen. Ich mußte mich hier wirklich nur auf die *Hauptformen* beschränken; denn der Formenkreis umfaßt nicht weniger als zirka 400 bekannte Arten, deren Häufigkeit gar relativ ist. Wo eben eine Art ihre günstigsten Lebensbedingungen findet und wo sie in die Biocönose paßt, wird sie sich entsprechend vermehren — bis eben diese Verhältnisse der Biocönose ein natürliches Halt gebieten.

Wer sich mit dem Studium dieser interessanten Gruppe der Rotatorien in seinen Mußestunden befassen will, möge ja nicht versäumen, sich auch die *biologischen* Gesichtspunkte, nach welchen sich Form, Vorkommen, Vermehrung und Ausbreitung der einzelnen Arten erklären lassen, vor Augen zu halten. Denn nur aus ihnen lernen wir *verstehen*, was sich dem Auge bietet, und das gibt auch dem Geiste Befriedigung — nicht nur dem Gemüte die Freude schöner Formen. Die Biologie hat ja endlich die Naturwissenschaft von der allmählich unfruchtbar werdenden Formen*beschreibung* losgelöst und dazu hat gerade in neuerer Zeit das Studium der Kleinwesen nicht wenig beigetragen. Aber auf diesem Gebiete ist noch viel zu ergründen, und da muß neben dem „Wie" die Hauptfrage sein „Warum!"

Die Crustaceen im Plankton.

Zum Abschluß der systematischen Formenübersicht sollen nun die Schwebewesen betrachtet werden, die praktisch von größter Bedeutung sind als Fisch- und Fischbrutnahrung, und auch biologisch das größte Interesse beanspruchen dürfen. Wir haben uns ja im biologischen Teil mitunter sehr eingehend mit diesen Tierchen befassen müssen, deren Lebensgewohnheiten wichtige Zusammenhänge mit den physikalischen Verhältnissen zeigten und deren Formen zumeist nur verständlich wurden, wenn wir sie aus ihren Lebensbedingungen heraus zu erklären versuchten. Erinnern wir uns an die Vertikalwanderungen und den Saisondimorphismus.

Die Systematik der niederen Krebse ist gerade in neuerer Zeit zum Gegenstand zahlreicher Untersuchungen geworden; die Literatur hierüber ist dementsprechend beträchtlich angewachsen, aber sie ist leider noch sehr nach Ländern oder Einzeluntersuchungen gefaßt, und die Werke, welche mehr Zusammenfassendes bieten, sind für den Einzelnen meist zu teuer. Daher liegt noch kein allgemein einführendes Werk in die Naturgeschichte der niederen Krebschen vor; doch dürfte dies nur mehr eine Frage der Zeit sein. Es sind eben hier die Schwierigkeiten nicht zu verkennen, die einer solchen Arbeit entgegenstehen. Das Gebiet ist kolossal, zählt man doch von den Cladoceren, den „Wasserflöhen", allein an die 600 bekannte Arten.

Im Gegensatz zur großen Masse der tümpelbewohnenden Krebschen weist das Seeplankton nicht

gar viele Formen auf. Es gilt eben auch hier die große Erfahrung, die man beim Studium der Planktonten gemacht hat: nur wenig Gattungen war es möglich, sich diesen ungünstigen Lebensbedingungen der freien Seefläche so anzupassen, daß sie dauernd erhalten blieben.

Somit ist das Studium der Crustaceen des Planktons die beste Grundlage für ein allgemeines Eingehen auf die Krebschen. Kennt man dann die Formen und Lebenserscheinungen dieser Planktonten, so gliedern sich die nachher hinzutretenden Gattungen und Arten aus kleinen Wasserbecken nicht mehr allzu schwer an, und was das Wesentlichste ist: man wird immer zu der Frage geführt: warum ist diese Tümpelform in manchem so ganz anders als die Seeform der gleichen Gattung?

Es ist nun auch hier unsere Aufgabe, die Formen des eigentlichen Planktons zu untersuchen und die Gruppen kennen zu lernen, aus denen sie genommen sind.

Beim Namen Krebschen denkt man unwillkürlich an den Flußkrebs, mit dem doch diese winzigen Formen kaum etwas gemeinsam haben können. Und doch haben all diese Formen, ob groß oder klein, das gemeinsam, was der ganzen Klasse den Namen „Crustentiere" gegeben hat, nämlich die verhältnismäßig starke Chitinhülle, die eben bei den „Panzerkrebsen" durch Kalkeinlagerung solche Festigkeit erhält. Auf all die übrigen gemeinsamen Organisationsmerkmale können wir hier nicht eingehen. Man teilt nun die Crustaceen in zwei große Unterklassen: die **Malakostraken** oder Großkrebse und die **Entomostraken** oder niederen Krebse.

Für uns kommen hier natürlich nur die Entomostraken in Betracht. Sie zerfallen in fünf Ordnungen, von denen eine fossil ist (die Trilobiten). Diese Ordnungen sind: die Phyllopoden oder Blatt-

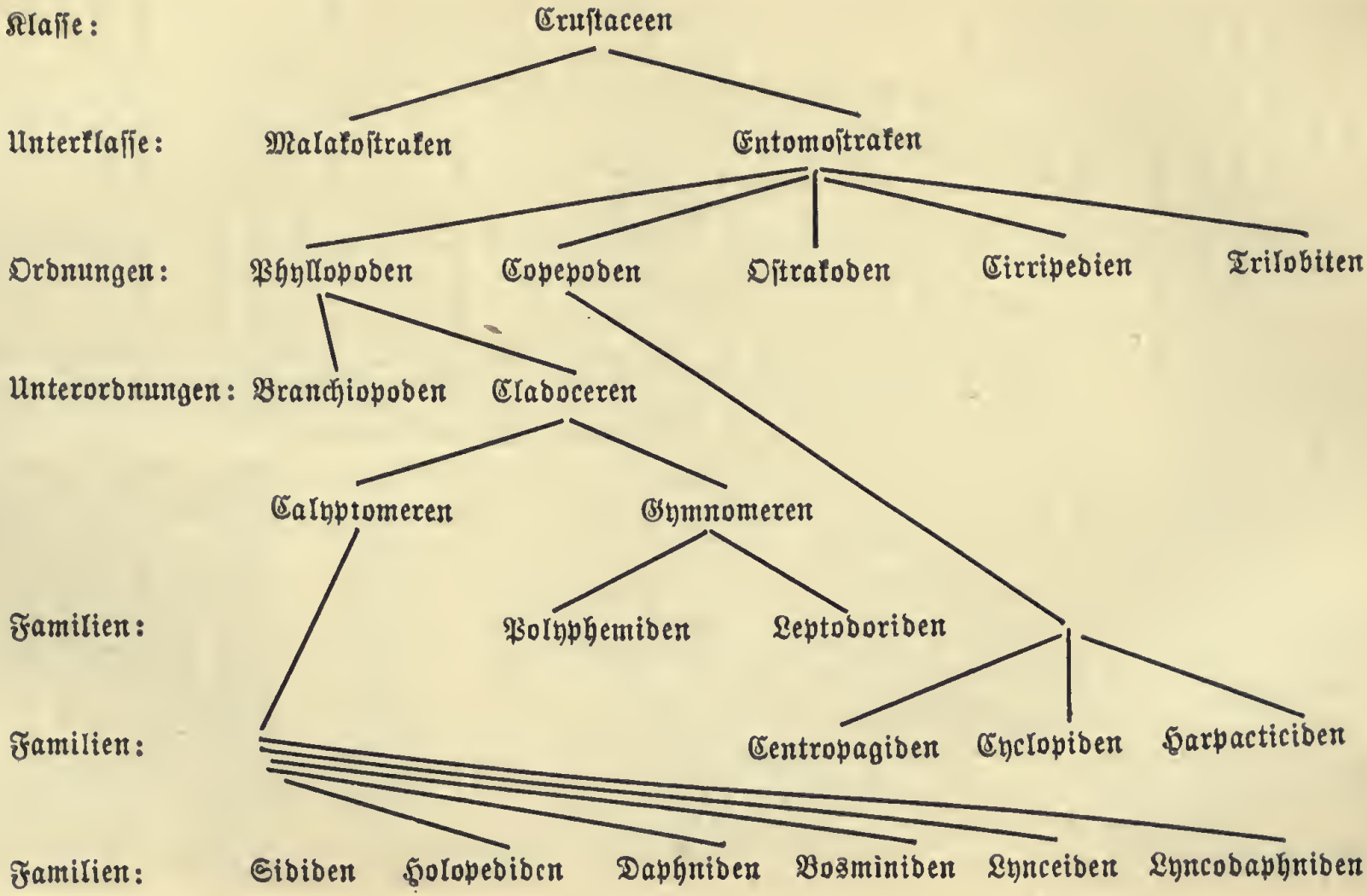
füßer, die Copepoden oder Ruderfüßer, die Ostrakoden oder Muschelkrebse und die Cirripedien oder Rankenfüßer.

Das Seeplankton enthält nur Vertreter der Ordnungen der Phyllopoden und Copepoden. Erstere Ordnung wird immer in zwei Unterordnungen geteilt: in die Branchiopoden oder Kiemenfüßer und Cladoceren oder Wasserflöhe. Nur letztere Unterordnung ist im Plankton vertreten. Sie zerfällt in die Calyptomeren, Wasserflöhe mit Schale und die Gymnomeren, solche ohne Schale. In diese Gruppe reihen sich dann die einzelnen Familien ein.

Bei der Ordnung der Copepoden ist erst eine Unterteilung nicht nötig; hier werden gleich die Familien angegliedert. Die systematische Übersicht siehe Tabelle Seite 167.

Wenn wir nun den Bau und die Organisation der Cladoceren näher betrachten wollen, so folgen wir am besten gleich einer bestimmten Form, die jeder Tümpel oder jeder See liefert: der Daphnia. Wie uns die Tabelle sagt, gehört sie zur Gruppe der Calyptomeren, d. h. beschalten Wasserflöhe. Wenn wir nämlich nur den zuerst auffallenden Körperumriß betrachten, so haben wir damit im Hauptteil die Schale vor uns, die den zarten Körper unter Freilassen des Kopfes umschließt. Die Form des Tierchens zeigt Abb. 24, in welcher die Schale punktiert angedeutet ist. Diese besteht aus zwei Klappen, die in der Rückenlinie zusammenhängen, an der Ventralseite offen bleiben, so daß das Wasser hier in den Schalenraum eintreten kann. Die beiden Schalenhälften sind längs einer Art Schulterfalte angewachsen und enden in einen gemeinsamen Stachel, bei anderen Gattungen (Bosmina) hat jede Hälfte ihren Stachel, bei vielen fehlt dieser ganz.

Der Körper besteht aus drei Teilen: dem Kopf, dem Bruststück (Thorax) und dem Hinterleib


Klasse:
Crustaceen
Unterklasse:
Malakostraken
Entomostraken
Ordnungen:
Phyllopoden
Copepoden
Ostrakoden
Cirripedien
Trilobiten
Unterordnungen:
Branchiopoden
Cladoceren
Calyptomeren
Gymnomeren
Familien:
Polyphemiden
Leptodoriden
Familien:
Centropagiden
Cyclopiden
Harpacticiden
Familien:
Sididen
Holopediden
Daphniden
Bosminiden
Lynceiden
Lyncodaphniden

(Abdomen). Letzterer teilt sich in Pro- und Postabdomen.

Der deutlich abgesetzte Kopf ist oben meist abgerundet und kann, wie wir uns aus dem Saisondimorphismus erinnern, einen Helmaufsatz bekommen. Nach vorn ist er entweder konkav eingebogen oder hat eine gerade Stirne oder ist mützenartig vorgezogen (Lynceiden).

Abb. 24. Daphnia hyalina. (Nach Liljeborg.)

Der Thorax, der mit dem Proabdomen verschmolzen ist, stellt einen verhältnismäßig kleinen Körperabschnitt dar und schließt dorsal das Herz ein. Das Proabdomen ist beweglich, zylindrisch, seitlich etwas zusammengedrückt und weist nur undeutliche Gliederung auf. Es trägt auch die Schwimmfüße, von denen 4 bis 6 Paar vorhanden sind.

An das Proabdomen schließt sich dann das eigenartige Postabdomen an, das in die Schwanzkrallen endet. Es ist beweglich, zumeist winkelig umgebogen und erscheint wie segmentiert. Am Postabdomen sitzt ein Paar gegliederter, meist auffallend langer Borsten. Die Form desselben ist charakteristisch für die Gattung und Art.

Von prinzipieller Bedeutung sind die Bewegungswerkzeuge, von denen 6 bis 8 Paar vorhanden sind: zwei Paar Antennen, deren erstes Paar als Tastantennen zumeist vorn am Schnabel (Rostrum) sitzt und verhältnismäßig klein ist; das zweite Paar

ist sehr stark entwickelt und zeigt deutlich den Charakter des „Spaltfußes". Diese zweiten Antennen werden als Ruderantennen bezeichnet; ihre schlagenden Bewegungen vollführen das eigenartige Hüpfen dieser Tierchen. Zu diesen zwei Paaren kommen dann die 2 bis 6 Paar von Schwimmfüßen des Proabdomens, deren eigenartige Form den Namen „Blattfüßer" bewirkt hat. Ihre Bauart ist ungemein kompliziert und bildet für den angehenden Mikroskopiker ein recht dankbares Studienobjekt zur Analysierung. Ein eingliedriger Stamm setzt sich an das Proabdomen; dieser gabelt sich in zwei Äste von je zwei Gliedern (Spaltfuß). Von diesen insgesamt vier Gliedern ist bald das eine, bald das andere stärker ausgebildet und so entstehen die verschiedenartigsten Anordnungen, welche nur noch als Prinzip erkennen lassen, daß an diese breitgedrückten blätterartigen Glieder (Blattfüßer) eine Reihe längerer mehr oder weniger feiner Borsten angesetzt ist. Bei anderen Arten wieder sind diese Beinchen zu Greiffüßen umgebildet (Leptodora). An diese Beinchen sind nun zumeist feine Säckchen angesetzt, welche als Kiemen fungieren (Branchialfüße).

Nach dem Prinzip der Spaltfüße sind auch die zweiten Antennen gebaut, die wir nach der Betrachtung der Branchialfüße leichter verstehen. Ein eingliedriger Stamm setzt sich seitlich an den Körper an und teilt sich am freien Ende in zwei gegliederte Äste. Die beiden letzten Glieder, bei anderen nur das letzte Glied, tragen fein gefiederte Borsten.

Zu diesen Bewegungswerkzeugen kommen noch zwei Paar von „Gliedmaßen", die aber nichts mehr mit der Bewegung zu tun haben, sondern zu Mundwerkzeugen umgebildet sind: ein Paar Mandibeln und ein Paar Maxillen. Sie sind infolge ihrer Kleinheit und versteckten Lage sehr schwer zu erkennen. Im allgemeinen sagt man dann: die Cladozeren besitzen 8 bis 10 Paar von Gliedmaßen.

Von größtem Interesse sind die Innenorgane: vom Munde weg zieht ein Schlauch aufwärts, die Speiseröhre oder Oesophagus; an diesen schließt unmittelbar der Darm an, der in den Kopf hineingebogen ist. Durch seinen grünlichen Inhalt läßt er sich leicht verfolgen. Im Kopf setzen sich an den Darm zwei feine Hörnchen an, die als Leberhörnchen bezeichnet werden. Ob sie auch die Funktion einer Leber ausüben, ist noch nicht erwiesen. Der Darmschlauch durchzieht dann den Thorax und das Proabdomen und endet im Postabdomen in einer verschließbaren Afterspalte.

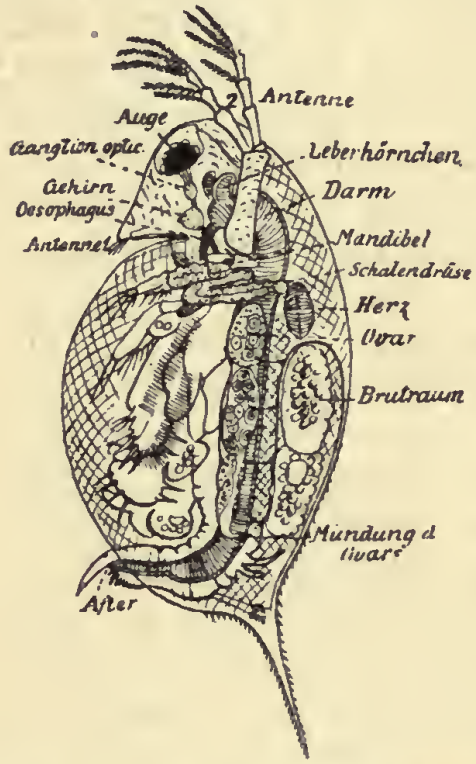


Abb. 25. Daphnia schematisiert.

Dorsal hinter dem Darm liegt im Thorax das meist beutelförmige sehr primitive Herz, dessen Bewegungen man am lebenden Objekt sehr leicht studieren kann. Ein Blutgefäßsystem fehlt; das farblose Blut zirkuliert frei durch den Körper. Mit starkem Objektiv kann man besonders im Kopf über dem Herzen die Blutkörperchen wandern sehen.

Ventral beiderseits etwas vor den Darm tretend, liegen an diesem im Proabdomen die paarigen Ovarien. Die hier gereiften Eier treten durch die Mündung des Ovars in einen Brutraum, der in der Schale dadurch gebildet wird, daß über dem Stachel eine Hautfalte quer durchgelegt ist. So ist ein Abschluß nach außen geschaffen. Im Brutraum machen die Eier die

Embryonalentwicklung und erst das fertig entwickelte Junge drängt diese Abschlußfalte beiseite und schiebt sich so ins Freie. Im Brutraum findet man besonders im Sommer oft zahlreiche Eier in allen Stadien der Entwicklung.

Unter der Speiseröhre befindet sich eine eigenartige Drüse, die als Schalendrüse bezeichnet wird. Sie ist wahrscheinlich ein Exekretionsorgan, ihre Funktion analog einer Niere.

An Sinnesorganen bemerken wir vor allem das große Auge, das die Organisation des Insektenauges in der Grundlage zeigt. Um einen schwarzen Pigmentfleck gruppieren sich kristallklare Linsenkörper, die den Fazetten des höher organisierten Insektenauges analog sind. Am Auge kann man meist sehr deutlich drei Muskeln erkennen, welche die Bewegung des Auges bewirken. Am „Gehirn" sitzt bei den meisten Gattungen noch ein schwarzer Pigmentfleck, der als Nebenauge oder Nauplinsauge bezeichnet wird. Mit dem Sehen dürfte er kaum etwas zu tun haben. Ein weiteres Sinnesorgan kennen wir bereits in den Tastantennen, die von feinen Nerven durchzogen sind und in zarte Borsten enden. Diese Borsten dienen teils dem Tast-, teils dem Geruchsinn.

Das Nervensystem zeigt bereits einen Zentralkörper, das „Gehirn" im Kopfe, an welches sich durch feine Nervenstränge verbunden eine weitere Nervenmasse, das Sehganglion oder **Ganglion opticum**, anschließt. Von diesem gehen zarte, nicht immer leicht wahrnehmbare Nervenfasern zum Auge. Nach rückwärts setzt sich das Gehirn in eine breite Nervenmasse fort, welche die Speiseröhre umschließt; von hier gehen dann Nervenfasern zu den Antennen und zur Körpermuskulatur.

Die Muskulatur ist besonders an den Ruderantennen deutlich erkennbar, wo sie an der Basis eine breite Ansatzfläche findet. Diese ist meist überwölbt

von einer wulstartigen Überhöhung des Kopfschildes. Diese heißt der Fornix, ist meist nur zu erkennen, wenn das Tier auf dem Rücken liegt. Entsprechend der beträchtlichen Arbeit, welche die Antennen zu leisten haben, ist deren Muskulatur sehr kräftig.

Über die Fortpflanzung der Cladoceren haben wir im biologischen Teil schon einiges gehört. Die Tierchen sind getrennt geschlechtlich. Die meist erbeuteten Formen sind Weibchen, deren Eier sich als Sommereier parthenogenetisch wieder im allgemeinen zu Weibchen entwickeln. Zeitweise — auf welche Weise ist noch ungeklärt — treten die meist kleinen Männchen auf, die aber in der Form nicht so von den Weibchen verschieden sind wie die der Rädertierchen. Sie sind vollkommene Organismen mit Verdauungstraktus — wieder im Gegensatze zu den Rotatorienmännchen — und leben daher auch länger. Außer an der geringeren Größe sind die Männchen durch die beweglichen, mit längeren Riech- und Tastborsten versehenen ersten Antennen erkennbar. Das Endglied des ersten Schwimmfußpaares ist außerdem mit einem gekrümmten Haken versehen und endet mitunter in einer langen, nach rückwärts gebogenen Geißel oder einigen Borsten.

Das Auftreten der Männchen fällt bei den Cladoceren mit der Abnahme der Vermehrung zusammen. Die befruchteten Eier, die größer sind als die Sommereier und eine zweite Hülle tragen, liegen höchstens zu zweien in dem Ephippium. Diese Dauer- oder Wintereier erhalten die Art über ungünstige Verhältnisse hinweg und ermöglichen die „passiven Wanderungen", die uns ja schon beschäftigt haben.

Und nun die einzelnen Gattungen und Arten. Von der Familie der Sididen kommt hauptsächlich die Art **Diaphanosoma brachyurum** (**Daphnella brachyura**) im Plankton vor. Sie ist im Sommer eine der häufigsten Formen und stellt sich schon ziemlich frühzeitig im Frühling ein. Sie hat sehr

große Ruderfühler mit vielen (acht) Borsten am Endglied des zweiten Astes und vier am ersten Glied desselben, einen eigenartig glatten Kopf und sehr kurzes Postabdomen. Die Schale trägt keinen Stachel. Schwimmfüße sind, wie bei allen Sididen, sechs vorhanden.

Die Familie der Holopediden hat nur eine Gattung mit der Art **Holopedium gibberum**, die sowohl in Seen wie in Teichen vorkommt. Sie ist charakterisiert vor allem durch eine Eigenart, die sich im ganzen Cladocerenbereiche nicht wiederfindet: sie scheidet Gallerte aus, die sich wie ein dicker Mantel an die Schale legt. Da sie überdies in Schwärmen vorkommt, kann sie beim Fang leicht Frosch- oder Fischlaich vortäuschen. Die sechs langen Schwimmfüße und die ebenfalls sehr langen Ruderantennen ragen aus der Gallerthülle heraus. Die letzteren sind bei den Weibchen einästig, beim Männchen sind zwei Äste vorhanden; an den Endgliedern der Ruderfühler stehen drei sehr lange Schwimmborsten.

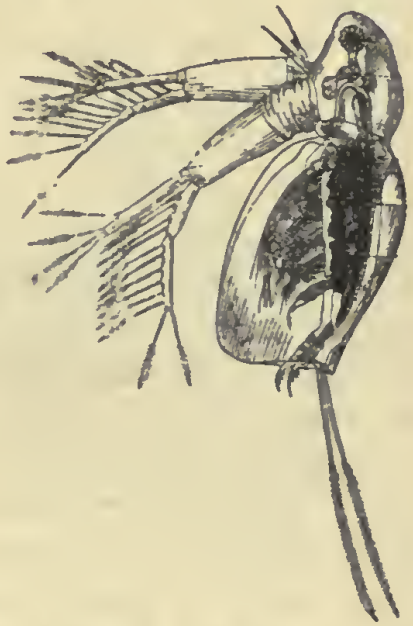


Abb. 26. Diaphanosoma brachyurum. (Nach Zacharias.)

Die nächste Familie, die der Daphniden, stellt wohl die zahlreichsten Planktonformen unter den Cladoceren. Ihr Formenkreis ist sehr mannigfach, und überdies sind die einzelnen Arten sehr unbeständig in ihrer äußeren Form; wir haben ja bei unseren Betrachtungen über Saisondimorphismus schon einiges gehört. Aber auch nach Ort sind die Formen

sehr verschieden, so daß eine große Zahl von Lokalvarietäten bereits konstatiert ist.

Bei Daphnia selbst bestehen nur zwei typische Unterschiede zwischen den Tümpel- und den echten Planktonformen. Die Planktonformen sind durchwegs zart und sehr schön durchsichtig; die Tümpelformen sind derber und haben eine stärkere, daher weniger durchsichtige Schale. Über die Gründe hat uns der biologische Teil schon einige Anhaltspunkte gegeben. Der zweite Unterschied ist noch deutlicher: bei den Planktonformen ist die Kralle des Postabdomens glatt, bei den Tümpelformen trägt sie einen kammartigen Besatz, der als Nebenkralle oder Nebenklaue bezeichnet wird.

Die Funktion dieser Kralle kann man am lebenden Objekt leicht studieren. Die Schwimmfüßchen sind ja in fortwährender Bewegung; durch diese Bewegung wird einmal Atemwasser herbeigestrudelt und erneuert — die Kiemen sitzen an diesen Füßchen — und dann wird so die Nahrung zugewirbelt. Dabei kommen nun vielfach Fremdkörper mit in den Schalenraum; diese werden durch einen kräftigen Schlag des Postabdomens hinausgeschleudert, wobei die Kralle allein an diese Fremdkörper anschlägt. Im Tümpel dürfte nun die Kralle stärker beansprucht werden als im reinen Wasser der Hochseefläche; dies mag dann eine Verstärkung der Kralle durch den Nebenkamm bewirkt haben.

Die Hauptformen des Planktons nun aus dieser Familie sind: **Daphnia longispina** und **D. hyalina**. Die beiden sehr nahe verwandten Arten sind schwer zu unterscheiden, da insbesondere die Winterform der **D. hyalina** der **D. longispina** ungemein ähnlich ist. Das Hauptunterscheidungsmerkmal bildet der Kopf. Dieser hat bei **D. hyalina** eine gerade oder vorgewölbte Stirn, bei **D. longispina** ist die Stirn ausgebuchtet, so daß unter ihr, gegen den Schnabel zu,

eine Einwölbung entsteht. Auch die Ausbildung der Rückenfortsätze ist etwas verschieden. Diese Fortsätze sind aber nur beim ganz ausgewachsenen Tier voll ausgebildet; bei jungen Exemplaren können sie nicht zur Unterscheidung dienen. D. hyalina hat zwei Rückenfortsätze, D. longispina gewöhnlich deren drei. Der Schalenumriß ist bei D. hyalina mehr langgestreckt,

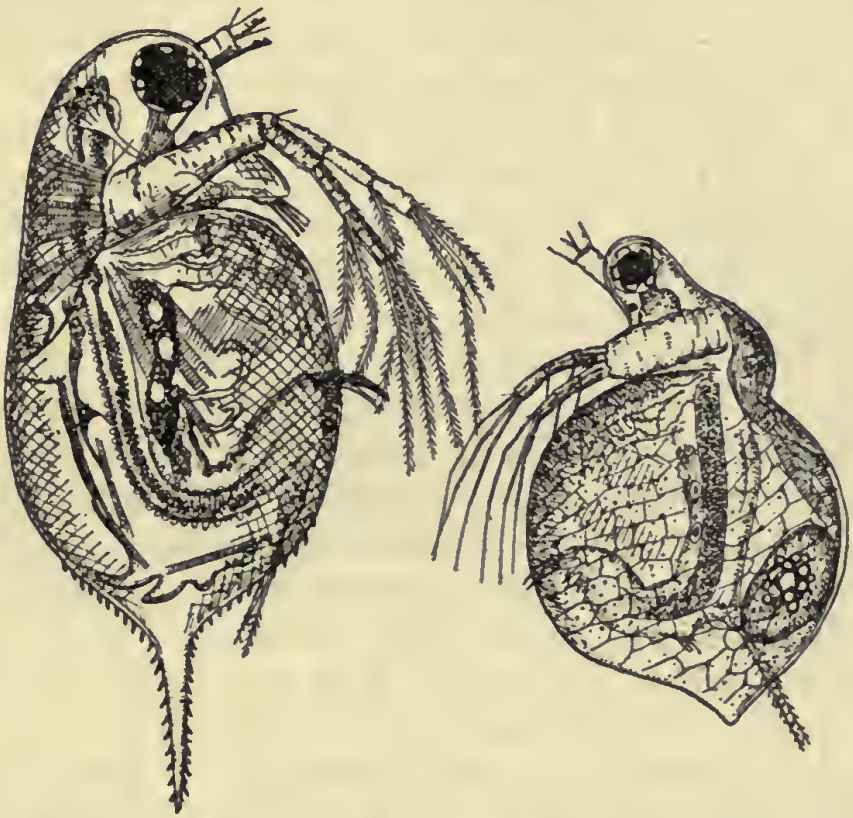


Abb. 27. Links: Daphnia longispina; rechts: Ceriodaphnia rotunda. (Nach Daday.)

bei D. longispina rundlich; bei eiertragenden Weibchen aber geht dieses Merkmal wieder verloren.

Neben diesen unterscheidet man im Plankton noch einige Spezies, die je nach Art mehr oder weniger häufig vorkommen, z. B. D. galeata mit einem ziemlich spitz auslaufenden Helm der Sommerform, D. curvata mit einem längeren nach vorn gebeugten Helm und einige andere.

Formen, die kein Nebenauge besitzen, bezeichnet man als Hyalodaphnia, von der auch einige Spezies unterschieden werden. Ihre Unterscheidung ist noch komplizierter; kann also unsere Aufgabe nicht sein. Bei Hyalodaphnia ist besonders der Saisondimorphismus in der Helmform sehr ausgeprägt. (Siehe Abbildung.)

Die Familie der Daphniden sendet dann noch einen sehr häufigen Vertreter ins Plankton, die Ceriodaphnia pulchella, deren eigenartig vorgebeugtes Köpfchen keinen Schnabel trägt. Markant für die Form ist der tiefe Einschnitt am Rücken, der den Kopf vom Körper trennt. C. rotunda ist der vorausgehenden Form ziemlich ähnlich; hat nur kürzeren, rundlichen Schalenumriß und ein größeres, mehr rundes Köpfchen.

Die Formen der nächsten Familie nun, der Bosminiden oder „Rüsselkrebschen", können mitunter an Zahl mit den Daphniden wetteifern. Es sind gar niedliche Tierchen, deren lebhafte Augen mit den ziemlich vielen Kristallinsen sich fortwährend drehen, als suchten sie einen Ausweg aus dem engen Tropfen. Der „Rüssel" wird von den sehr lang gewordenen ersten Antennen, den unbeweglichen Tastantennen gebildet; bei den kleinen Männchen sind auch diese beweglich. Die Kerbung des Rüssels kann bei flüchtigem Betrachten eine Gliederung vortäuschen; beim Männchen ist eine Gliederung vorhanden. Die Ruderantennen sind auch hier zweiästig, wobei der äußere Ast vier, der innere drei Glieder trägt. An Schwimmfüßen sind sechs Paare vorhanden: das erste Paar ist zu Greiffüßchen umgebildet, das letzte verkümmert.

Die Familie zählt nur eine Gattung: Bosmina. Von dieser sind die beiden Hauptarten: B. longirostris und B. coregoni. Seligo unterscheidet diese beiden als Gattungen und bezeichnet erstere als Bosmina, letztere als Eubosmina.

Auch bei Bosmina ist die Speziesunterscheidung sehr schwierig wegen der vielen Lokalvarietäten und den dazwischen liegenden Übergangsformen. Der Hauptunterschied liegt im Schalenstachel, der aber gerade dem Saisondimorphismus unterworfen ist. Bosmina trägt an jeder Schalenhälfte einen Stachel (Akumen). Bei B. longirostris (siehe Abb. 31) ist dieses Akumen, wenn es vorhanden ist, stumpf, bei Bosm. coregoni (Eubosmina) endet es sehr spitz. Auch die Bewehrung der Schwanzkralle gibt einen Unterschied. Die Kralle hat drei Glieder: B. longir. trägt an den zwei ersten Gliedern je eine Reihe von Dornen, B. coreg. nur am ersten Gliede.

Abb. 28. Bosmina gibbera. (Nach Zacharias.)

Im ganzen unterscheidet man etwa 17 Arten, von denen für das Plankton nur wenige in Betracht kommen. Vor allem die Hauptformen, dann B. longispina (Eubosmina longispina), bei welcher das Akumen deutlich als Stachel angesetzt ist, B. obtusirostris und einige andere.

Interessant sind einige ganz eigenartig gestaltete Bosminiden, von denen uns die Abbildung die Form Bosmina gibbera zeigt. Der Schalenrücken ist zu einem Höcker ausgezogen, der um so auffallender wird, je mehr Eier das Tierchen trägt.

Von der Familie der Lynceiden, die ausgesprochene Tümpelbewohner sind, kommt nur eine Form im Plankton vor: Chydorus sphaericus, der „runde Linsenkrebs". Den eigenartigen Bau der Lynceiden ersehen wir aus der Abbildung. Charakteristisch ist die Darmschlinge für diese Familie. Das Auge ist nicht so groß wie im Verhältnis bei den Daphniden,

dafür ist das Nebenauge verhältnismäßig größer. Ch. spaericus ist keine echte Planktonform, obwohl er sich mitunter in größeren Tiefen findet; er ist offenbar aus der Uferregion hereingekommen, wo ja seine Verwandten nicht selten zu finden sind. Er scheint sich aber auch in freier Seefläche gar wohl zu fühlen.

Die Familie der Lyncodaphniden kommt für das eigentliche Seeplankton nicht in Betracht.

Von den Gymnomeren nun, denen die charakteristische Schale fehlt, finden sich Formen sowohl von der Familie der Polyphemiden als der Leptodoriden. Sie sind die größten Planktonkrebschen; im Tegernsee ergab ein Fang aus zirka 30 Meter Tiefe einige Exemplare der Leptodora von fast 2 Zentimeter Länge.

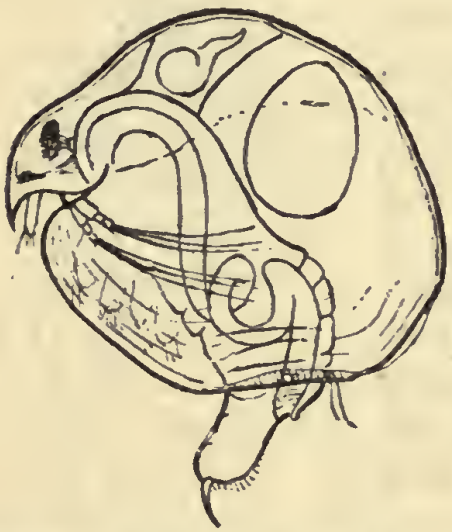


Abb. 29. Chydorus sphaericus. (Nach Liljeborg.)

Die Polyphemiden, die ihren Namen von dem ungewöhnlich großen Auge haben, das den ganzen Kopf ausfüllt, zeigen nur Rudimente der Schale, die beim Weibchen zum rucksackartigen Brutraum wird. Die vier Paar Schwimmfüße sind zu Greiffüßen umgeformt.

Polyphemus pediculus (siehe Abb. 31) kommt ab und zu im Plankton vor. Bei dieser Art ist der Brutraum noch mehr der Länge nach als Schalenrudiment angesetzt.

Einen richtigen „Rucksack" trägt **Bythotrephes longimanus**, wohl das Interessanteste aller Planktonkrebschen. Der Schwanzstachel ist kolossal lang und dient beim Schwimmen als Steuer. Die gesamte Körperlänge beträgt im ausgewachsenen Zustande etwa

14 Millimeter; davon treffen auf den Stachel allein etwa 11 Millimeter. Das erste Fußpaar ist sehr lang und kräftig, denn das Tier ist ein tüchtiger Räuber.

Die Entdeckung dieses Tierchens ist von Bedeutung für die ganze Planktonkunde geworden. Franz Leydig, dessen „Naturgeschichte der Daphniden" ja zum grundlegenden Werk geworden ist, fand im Magen von Blaufelchen aus dem Bodensee tausende von halbverdauten Krebschen, deren Form ganz rätselhaft erschien. Er fischte nun mit feinen Gazenetzen nach diesem Tierchen, ohne es im See zu erbeuten. Dafür bekam er eine Unmenge anderer Planktonkrebschen ins Netz, die er dann im oben genannten Werk beschrieb und sorgfältig abbildete. So nahm die Kunde von den Planktoncrustaceen ihren Ausgang von einer höchst realen Frage: der Magenfrage.

Abb. 30. Bythotrephes longimanus. (Nach Zacharias.)

Die letzte Form, die noch zu besprechen ist, stellt die einzige Gattung der Familie der Leptodoriden dar. Diese lebt räuberisch wie Bythotrephes. Leptodora hyalina fehlt wohl in keinem tieferen See, kommt aber eigentümlicherweise sogar in ganz seichten Gräben vor. Im See hält sie sich tagsüber in größeren Tiefen, nachts steigt sie bis zur Oberfläche empor, wohl hinter ihren Opfern her, die sie aus kleinen Krebsen nimmt. Ihre sehr langgestreckte Körper-

form und die kräftigen Ruderfühler befähigen sie gut zum Schwimmen, und ihre geradezu vollendete Durchsichtigkeit läßt sie den Augen ihrer unglücklichen Opfer

Abb. 31. Bosmina longirostris; in der Mitte: Leptodora hyalina; unten Polyphemus pediculus. (Nach Daday.)

leicht entgehen. Die mächtig entwickelten Beine des ersten Schwimmfußpaares mit ihren zahlreichen Borsten sind ein gutes Greiforgan, das von den fünf anderen

Paaren, die eine Art Reuse bilden, gut unterstützt wird. Das Weibchen trägt einen rucksackartigen Bruträum, der wohl auch hier das Rudiment einer Schale bildet.

Von der Durchsichtigkeit der Tierchen kann man sich am besten am lebenden Material überzeugen. Wo Leptodora vorkommt, ist sie gleich in größeren Mengen vorhanden. Gibt man nun einen Fang, den man spät abends dem See entnommen hat, ins Sammelglas, so sieht man erst schwarze Punkte auf- und niederhüpfen. Bei genauerem Zusehen erkennt man dann einen langgestreckten Körper, dessen Einzelheiten man unmöglich unterscheiden kann. Man vermag auch nicht die Bewegungen eines einzelnen Tierchens zu verfolgen; denn wenn man glaubt, einen bestimmten Körperumriß erfaßt zu haben, ist im nächsten Augenblicke wieder alles verschwommen.

Wenn nun die Cladoceren ziemlich kompliziert in ihrer Familiengruppierung sind, so zeigt uns ein Blick auf die systematische Tabelle, daß die Ordnung der Ruderfüßer in dieser Beziehung gar einfach ist. Nur drei Familien zeigt diese Ordnung, und von diesen kommen für das Plankton nur zwei in Frage: die Cyclopiden und die Centropagiden; die Harpacticiden finden sich ab und zu einmal in der Uferzone vertreten, doch dürfte es sich da zumeist um eingeschwemmte Formen handeln.

In der äußeren Form findet sich wohl kein Berührpunkt zwischen Cladoceren und Copepoden. Die Ruderfüßer haben durchwegs langgestreckte Körperform mit stets deutlicher Segmentierung. Das Charakteristische an der Form ist nun: ein länglichrundes Kopfbruststück (siehe Abbildung), der Cephalothorax, aus einigen Segmenten verschmolzen, setzt sich in einem deutlich gegliederten Thorax fort, dessen 5 Segmente völlig getrennt oder zum Teil verwachsen sind; jedes dieser Segmente trägt ein Paar von

Gliedmaßen. An den Thorax setzt sich das Abdomen an, welches ebenfalls aus fünf mehr oder weniger deutlichen Gliedern besteht. Auf das Abdomen folgt die Furca, die zwei Äste zeigt, welche am Ende meist gefiederte Borsten tragen.

Die Anzahl der Segmente, aus welchen der Cephalothorax verschmolzen ist, erkennt man aus der Zahl der Gliedmaßen, die er trägt. In der ganzen Systematik der Gliederfüßler gilt der grundlegende Satz: jedes Körpersegment kann ein Paar Gliedmaßen tragen; Mundwerkzeuge sind umgewandelte Gliedmaßen. Am Kopfbruststück der Copepoden befinden sich nun, wie die Abbildung zeigt, fünf Paar von Gliedmaßen: ein Paar erster Antennen, die Ruderfühler oder Schwimmantennen; ein Paar zweite Antennen, die Tastfühler, ein Paar Mandibeln und ein Paar Maxillen, beide Paare zu Mundwerkzeugen umgebildet; ein Paar Kieferfüße (Pedes maxillares). Also besteht das Kopfbruststück der Copepoden aus fünf Segmenten.

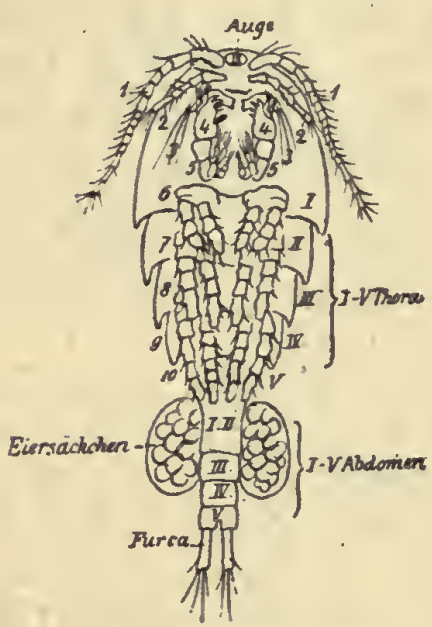


Abb. 32. Cyclops schematisiert: 1 erste Antenne, 2 zweite Antenne, 3 Mandibel, 4 Maxille, 5 Pes maxillaris; 6 bis 10 Thorakalfüße.

Aus der Einführung der Antennen sehen wir einen Unterschied gegen die Cladoceren: bei den Copepoden sind die ersten Antennen zu Bewegungsorganen geworden, die zweiten sind Tastorgane; bei den Cladoceren ist es umgekehrt. Die Ruderantennen vollführen kräftige Schläge auf das Wasser und bewirken so die eigenartige hüpfende Bewegung dieser

Formen, die ihnen den Namen „Hüpferlinge" gegeben hat.

Die Füße der fünf Thorakalsegmente sind analog den Füßen der Cladoceren als Spaltfüße (aber nicht als Blattfüße) gebaut. Ihre Form geht am besten aus der Figur hervor; sie tragen keine Kiemen, denn die Atmung wird durch die Körperhülle besorgt.

Von großer Bedeutung ist das fünfte Beinpaar. Es hat durchwegs den Charakter des Schwimmfußes verloren. Bei den Cyclopiden und Harpacticiden ist es verkümmert, bei den Centropagiden ist es zu einem Organ umgebildet, das bei der Begattung eine Rolle spielt; daher ist es hier gänzlich umgestaltet. Diese Verhältnisse werden uns noch beschäftigen. Hier mag vorerst erwähnt sein, daß die Form des fünften Füßchens nach Art verschieden und somit ein wichtiges systematisches Unterscheidungungsmerkmal ist.

Die innere Organisation der Copepoden ist analog der der Cladoceren; da aber die Körperhülle sehr wenig durchsichtig ist, kann man sie nur sehr schwer erkennen. An den Mund schließt sich der Oesophagus, der in den einfachen schlauchförmigen Darm übergeht; dieser durchzieht den Körper und endet zwischen den beiden Furkaläften in einem After. Bei den Centropagiden und Harpacticiden liegt dorsal ein einfaches, mehr schlauchförmiges Herz; bei den Cyclopiden fehlt dieses. Hier bewirken wahrscheinlich die Bewegungen des Darmes zugleich den Blutkreislauf.

An Sinnesorganen fällt uns auch hier das ziemlich große unpaare Auge auf, welches an der „Stirn" liegt; außerdem dienen als Riech- und Tastorgane die zweiten Antennen.

Die Körpermuskulatur ist auch hier gut ausgeprägt und besonders an den Ruderfühlern gut zu erkennen.

Nun die Fortpflanzung, die hier so ganz anders ist als bei den Cladoceren. Die Copepoden sind getrennt geschlechtlich; Parthenogenese ist bei ihnen nicht mehr möglich: Die Eier können sich nur nach Befruchtung entwickeln. Daher kommen Männchen und Weibchen stets gleichzeitig vor. In der Größe ist kaum ein Unterschied. Und doch ist die Unterscheidung der Geschlechter sehr leicht: bei den Männchen tragen beide ersten Antennen (Harpacticiden und Cyclopiden) oder nur der rechte Ruderfühler (Centropagiden) ein sehr deutliches, durch kräftige Muskeln bewegtes Gelenk, das den Ruderantennen der Weibchen fehlt. Während der Fortpflanzungszeit sind dann die Weibchen auch an den Eierballen erkenntlich, die sie herumschleppen.

Wie schon erwähnt, bedürfen die Eier der weiblichen Ovarien zu ihrer Entwicklung der Befruchtung. Diese geht nun auf eine eigenartige Weise vor sich. Die männlichen Sexualprodukte treten in Form von Spermatophoren (Samenbehältern) aus der Sexualöffnung im ersten Segment des Abdomens aus. An analoger Stelle befindet sich bei den Weibchen die Öffnung eines Receptaculum seminis (Samentasche). Ein geschlechtsreifes Männchen faßt nun ein vorüberhuschendes Weibchen mit der Antenne, die ja durch das besprochene Gelenk zum Greiforgan geworden ist und heftet ihm den Spermatophor an die Genitalklappe. Die Hülle des Spermatophors quillt dann auf und durch eine Art Explosionsprozeß werden die Spermatozoen in die Samentasche des Weibchens geführt; so ist der Befruchtungsprozeß eingeleitet. Die Samenfäden scheinen im Receptaculum ihre Lebensfähigkeit lange zu behalten. Bei den Centropagiden nun dient das fünfte Beinchen zum Anheften des Spermatophors; daher ist es bei den Männchen ganz anders gestaltet als beim Weibchen. Die Eier treten nach der Reife aus und werden im Ballen bis zur Ent-

wicklung getragen. Ein Unterschied zwischen Sommer- und Dauereiern scheint nur bei den Centropagiden zu bestehen.

Die Formen der drei Familien sind sehr leicht auseinander zu halten. Die Harpacticiden (auch Harpactiden findet sich als Familienname) zeigen von der Rückseite gesehen, einen fast zylindrischen schlanken Körper, an den sich eine sehr kurze Furca anschließt. Jeder Ast endet in eine lange und eine kurze Borste. Die Ruderantennen sind verhältnismäßig kurz (keine Seeplanktontiere, daher keine langen Ausleger!).

Die Unterscheidungsmerkmale der beiden anderen Familien stellen wir nun zusammen, um die Formen von vornherein gut auseinander zu halten. Beim Vergleich empfiehlt sich natürlich auch die Betrachtnng der Figuren (Abb. 32, 34, 35, 36).

Bei den Cyclopiden:

Cephalothorax und Thorax breit, gedrungen; zusammen ungefähr gleich der Hälfte der ganzen Körperlänge.

Ruderantennen höchstens halb so lang als der ganze Körper.

Fünftes Beinpaar verkümmert; bei Männchen und Weibchen gleich gestaltet.

Das Weibchen trägt je einen Eierballen links und rechts am Abdomen.

An den Furcalästen je vier ungleich lange Borsten.

Bei den Centropagiden:

Cephalothorax und Thorax schmal, schlank; zusammen ungefähr gleich zwei Drittel der ganzen Körperlänge.

Ruderantennen so lang oder noch länger als der ganze Körper.

Fünftes Beinpaar zum Begattungsorgan umgestaltet; beim Männchen anders als beim Weibchen.

Das Weibchen trägt nur einen Eierballen ventral unterm Abdomen.

An den Furcalästen nur je drei oder vier gleich lange Borsten; hierzu kann noch eine fünfte Seitenborste treten.

Beim Männchen sind beide Ruderantennen mit Gelenk versehen.

Spermatophor bohnenförmig.

Beim Männchen ist die rechte Ruderantenne mit Gelenk versehen.

Spermatophor flaschenförmig.

Die drei Familien haben eines gemeinsam, was im Reiche der Gliederfüßler ja allgemein ist: aus den Eiern entwickeln sich nicht die Formen der „fertigen" Individuen, sondern erst Larvenformen. Man hat diese, als man auf sie aufmerksam wurde, für selbständige Arten gehalten und ihnen den Namen Nauplius gegeben. Diesen Namen haben sie beibehalten. Der Nauplius hat mit der späteren Form sehr wenig gemeinsam; die Entwicklung zu verfolgen, würde hier zu weit führen. Da aber die Entwicklung sehr rasch vor sich geht, kann man sie bequem „im hängenden Tropfen" verfolgen.

Abb. 33. Nauplius. (Nach Daday.)

Die Familien sind nicht gar gattungsreich. Die Cyclopiden weisen nur eine Gattung auf: Cyclops. Sie umfaßt verschiedene Arten, deren Unterscheidung nicht leicht ist. So weit nicht die äußere Körperform schon Anhaltspunkte gibt, liegen die Hauptunterschiede in der Gliederzahl der Ruderantennen, in der Form und den Anhängen der letzten dieser Glieder und besonders in der Form der fünften Füßchen. Letzteres muß dann erst unter der Präparierlupe mit einer feinen Lanzette oder Nadel sorgfältig herauspräpariert werden, was mitunter keine geringe Mühe ist.

Der häufigste Planktoncyclops dürfte Cyclops strenuus sein. Er ist in Abb. 34 abgebildet; die Abbildung zeigt zugleich die Form des fünften Füßchens

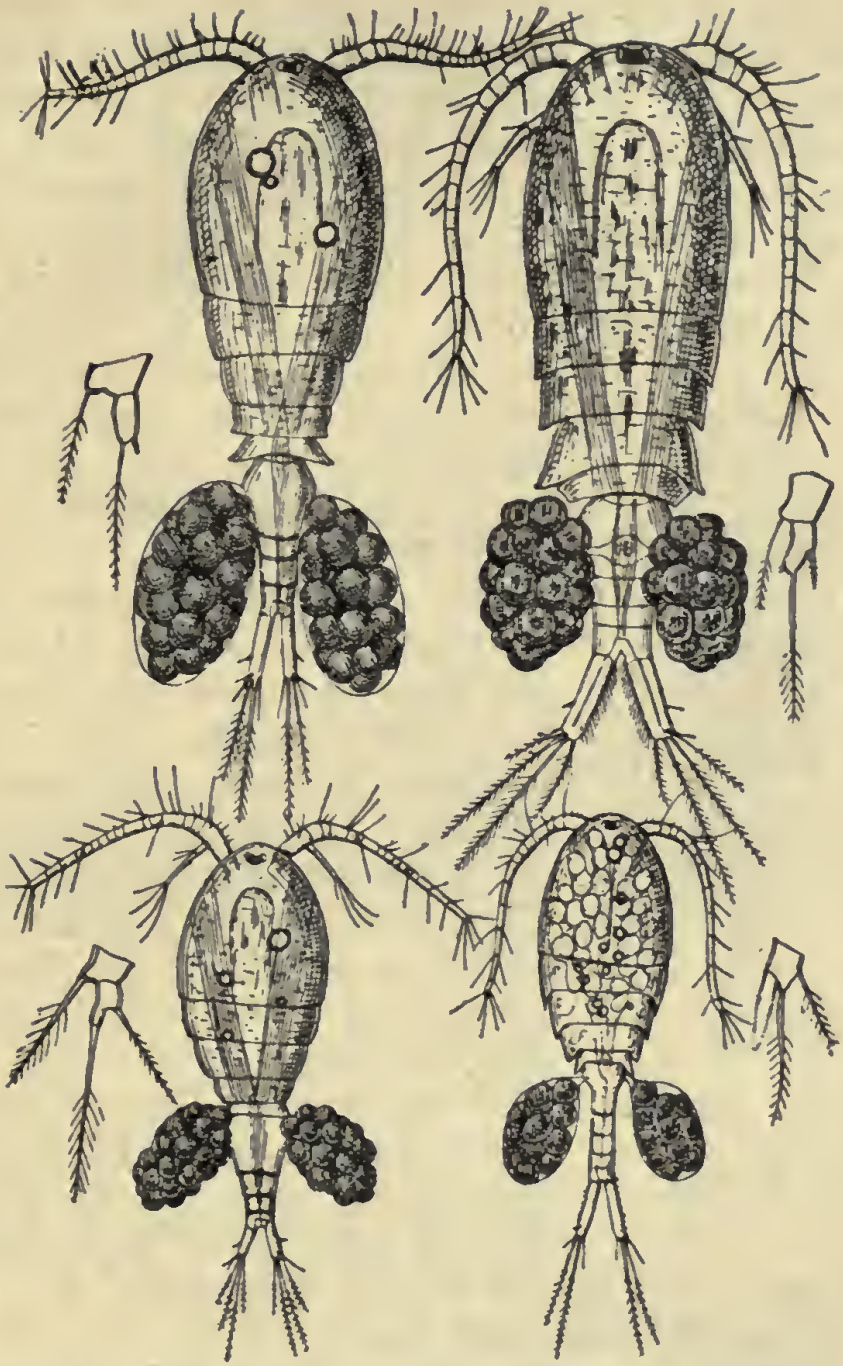


Abb. 34. Oben links: Cyclops vernalis; rechts: C. strenuus; unten links: C. Leukartii; rechts: C. serrulatus. (Nach Daday.)

und einige andere Spezies. Häufige Planktonformen sind noch C. Leukartii und C. oithonoides. Die übrigen Arten gehören dem Tümpel an.

Die Familie der Centropagiden zählt drei Gattungen, von denen **Diaptomus** am häufigsten ist. Ihre Unterscheidung ist nicht schwer. Jeder Furcalast trägt drei gleich lange, gefiederte Borsten: **Heterocope**. Jeder Furcalast trägt vier gleich lange, gefiederte Borsten und eine Nebenborste:

schlanke Furcaläste (vier- bis sechsmal so lang als breit): **Eurytemora**;

kurze Furkaläste (etwa doppelt so lang als breit) **Diaptomus**.

(Einteilung nach Seligo, siehe Literaturverzeichnis.)

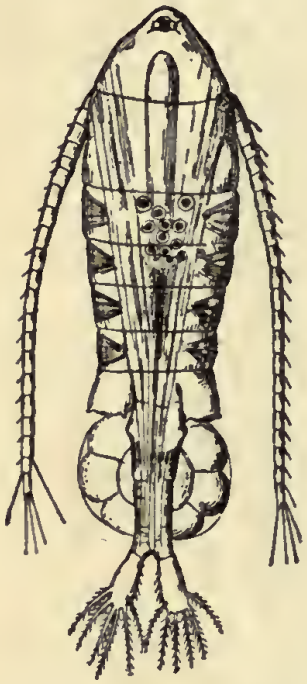


Abb. 35. Diaptomus gracilis. (Nach Daday.)

Auch bei diesen Gattungen ist die Unterscheidung der Arten kompliziert und beruht wieder auf den Ruderantennen und besonders dem fünften Füßchen, das ja hier, wie besprochen, bei Männchen und Weibchen verschieden gestaltet ist.

Die häufigste Art der Gattung Diaptomus ist der allgemein verbreitete **Diaptomus gracilis**. Die Gestalt des fünften Füßchens zeigt Abb. 36. Mitunter liegt das Tierchen so, daß es dieses Bein seitwärts streckt; dann ist die Artbestimmung einfach. In anderen Fällen muß man das Füßchen auch unter der Präparierlupe abschneiden und dann unter das Mikroskop nehmen.

Weitere ziemlich häufige Arten sind: **D. graciloides** und **D. vulgaris**, von denen das fünfte Füßchen abgebildet ist. Ein näheres Eingehen auf die Arten kann nicht mehr unsere Aufgabe sein. Die im Literaturverzeichnis genannten Werke geben dem Aufschluß, der in dieses interessante Gebiet mehr eindringen will.

Die Gattung Eurytemora hat im Süßwasser

nur die Art Eurytemora lacustris, welche nicht häufig ist. Die sehr eigenartige Form des fünften Füßchens zeigt Abb. 36.

Auch die Arten der Gattung Heterocope sind nicht häufig. In Alpenseen soll sich zuweilen die Art Heterocope weissmanni finden, dessen Haupt=

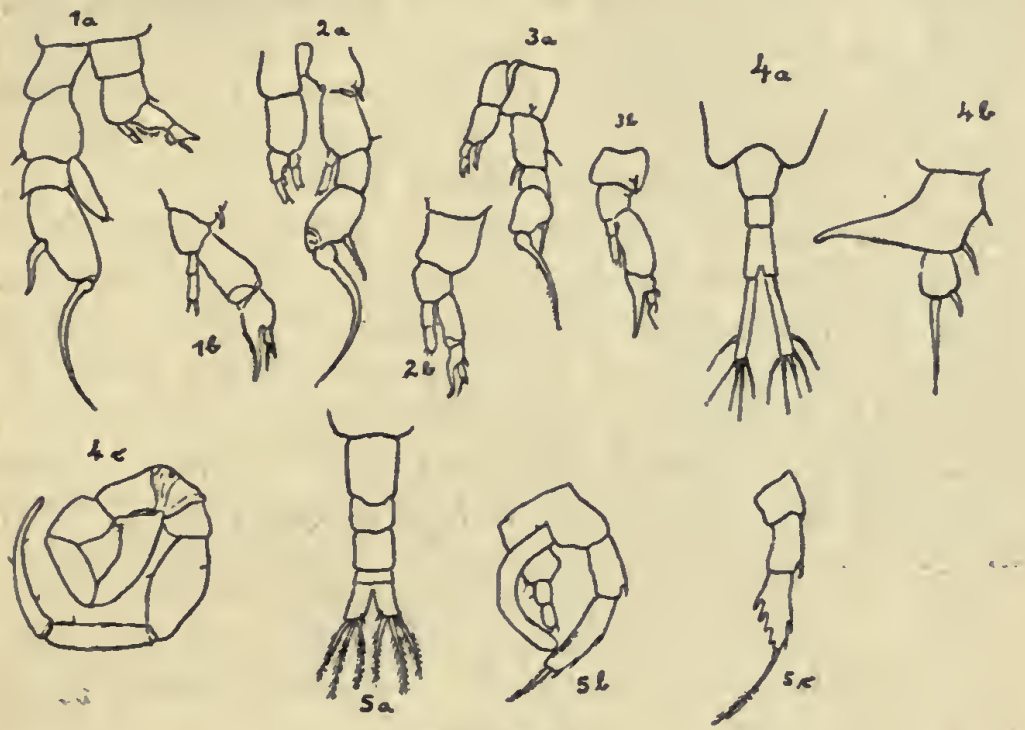


Abb. 36.

Diaptomus gracilis: 1a das 5. Füßchen des ♂, 1b des ♀
Diapt. graciloides: 2a „ 5. „ „ ♂, 2b „ ♀
Diapt. vulgaris: 3a „ 5. „ „ ♂, 3b „ ♀
Eurytemora lacustris: 4a Hinterleib; 4b das 5. Füßchen des ♀, 4c des ♂. Heterocope weissmanni: 5a Hinterleib, 5b das 5. Füßchen des ♂, 5c des ♀. (Nach Schmeil.)

kennzeichen Abb. 36 zeigt. H. appendiculata und H. saliens wurden in norddeutschen und nordischen Gewässern gefunden. Ich habe von diesen drei Arten noch keine in einem unserer Hochlandseen gefunden.

Wenn wir nun damit unsere systematischen Betrachtungen beschließen, so bleiben noch einige Gruppen

unbesprochen: jene, die nur in den ersten Entwicklungsstadien dem Plankton angehören, die Larven der Insekten und Muscheln und dann die Wassermilben. Gerade letztere Gruppe spielt im Tümpel eine nicht unbedeutende Rolle, aber im echten Plankton taucht nur hin und wieder eine Milbe auf, so daß zur ersten Formenkenntnis ein Eingehen auf diese Formen nicht gehört. Auch die Insektenlarven der freien Seefläche sind gar spärlich an Artenzahl, überdies sind sie nur kurze Zeit Planktonformen, denn mit Übergang zur „fertigen Form", zum Imago, verlassen sie das Wasser. Da aber gerade die Insektenlarven nicht unbeträchtliche Größe haben — bis 1 Zentimeter — dürfen wir ihre Bedeutung als Fischnahrung dort nicht unterschätzen, wo sie in größeren Mengen auftreten. Auch die Larven von Muscheltieren leben einige Zeit pelagisch, aber als konstanter Bestandteil des Planktons kommt die Zahl der Muschellarven nur in ganz wenig Seen in Frage.

* * *

So haben wir dem See in einer langen Reihe von Betrachtungen eine Fülle von Lehren abgelauscht, die uns kein anderes Gebiet so geschlossen und so — selbstverständlich hätte bieten können. Wir haben gesehen, wie hier im See das primitivste Lebewesen seinen Zweck so erfüllt wie das hochorganisierte: ein brauchbares Glied zu sein im großen Haushalte, in welchem alle Materie ununterbrochen kreist — von Glied zu Glied, vom einen freigemacht, vom andern aufgenommen. Ein Musterstaat ist der See — jeder Staatsangehörige denkt nur an sich und wird doch so notwendig zum Glied einer Kette, die sich schließt; und diese Glieder halten so naturnotwendig zusammen, denn in vollendeter Anpassung an all die eigenartigen Lebensbedingungen, die der See bietet, ergänzt eines das andere. Reißen wir eine Gruppe, die so ein Glied

bildet, heraus aus der ganzen Lebensgemeinschaft und das Gleichgewicht ist gestört — oder können wir uns den großen Haushalt denken, vielleicht ohne die Rädertierchen oder ohne die Crustaceen, die uns in ihren Lebenserscheinungen so lehrreich wurden?

Legen wir uns solche Fragen nicht vor, ohne uns zu besinnen, wie wir zu deren Lösung beitragen können. Vieles hat die Hydrobiologie und mit ihr die Planktonkunde zur Klärung allgemeiner biologischer Probleme beigetragen — mehr noch ist erst zu ergründen. Und hier kann uns wieder der See zum Lehrmeister werden: er zeigt, wie viel Wesen zusammenwirken müssen, um ein geschlossenes Ganzes zu bilden — in der Wissenschaft ist es nicht viel anders. Eines einzigen Arbeit im fruchtbringenden Lebenswerk mag viel gutes bringen, manches aber kann nur blühen, wenn viele zusammenarbeiten. Die Planktonkunde ist ein so großes Gebiet — wie möchte es einer überschauen! Wenn aber alle, die an diesem so interessanten und dankbaren Bereich ihre Freude finden, nicht nur sich freuen, sondern auch mithelfen wollen, die noch schwebenden Fragen zu lösen, so wird die Wissenschaft bald einen großen Schritt vorwärts getan haben.

Man hat ja in der Wissenschaft die Arbeit des Amateurs allmählich schätzen gelernt; denn was ein eifriger und gewissenhaft beobachtender Liebhaber an Material erbringen kann, kommt nicht selten dem mühsam zusammengetragenen Forschungsmaterial des Fachgelehrten gleich. Wenn sich nun all die, deren Interesse der See wachgerufen hat, zu einer Arbeitsgemeinschaft einen, so kann bald etwas erreicht werden, was einem einzelnen nie gelingen kann. Eine solche Arbeitsgemeinschaft zum Studium der Kleinlebewelt besteht bereits in der „Deutschen mikrologischen Gesellschaft" (Sitz München). Sie will die wissenschaftlich tätigen Amateure auf dem Gebiete der Mikrologie

zu frohem Zusammenwirken einen und insbesondere das Material sammeln, das der einzelne erbringen kann. Wie leicht ist es dem, dessen Wohnsitz an einem See liegt, etwa alle drei Wochen den See „abzufischen" und das Material genau durchzubestimmen und die Formänderungen und Schwankungen in der Häufigkeit gewissenhaft aufzuzeichnen. Sendet er dann diese Beobachtungen mit konserviertem Material der Arbeitszentrale zu, so kann in kurzer Zeit ein Überblick über die biologischen Verhältnisse eines großen Gebietes geschaffen werden, das ein einzelner niemals hätte bearbeiten können. Eine solche Arbeitszentrale wurde im „Biologischen Institut, München" (Schnorrstraße 4) geschaffen. Und ich lade nun zu fruchtbringender Mitarbeit ein. In ihrem Vereinsorgan „Die Kleinwelt" berichtet dann die Gesellschaft über die erzielten Beobachtungen und überdies kann die mikrologische Zentralbibliothek den Mitarbeitern am gemeinsamen Werke, beziehungsweise ihren Mitgliedern die Werke leihweise (unentgeltlich) überlassen, die dem einzelnen der hohe Preis unzugänglich macht.

So habe ich mir immer ein Zusammenarbeiten im großen gewünscht. Und wenn hier meine Worte nicht ungehört verhallen, dann hat uns der stille See als weiser Lehrmeister ein großes Lebensprinzip gezeigt, das uns zum Erfolge führen wird: In weiser Nutzung der gebotenen Kräfte liegt die Macht, Schwierigkeit und Gefahr sieghaft zu Trägern des Erfolges zu gestalten.

Literaturverzeichnis.

Wer sich eingehender über Planktonkunde und Hydrobiologie informieren will, findet in folgenden Werken Aufschluß:

Prof. Dr. O. Zacharias, Die Tier- und Pflanzenwelt des Süßwassers.

Ein zweibändiges umfassendes Werk, das allerdings 1891 erschien, infolgedessen in vielen Punkten überholt ist. Es bietet eine gute Grundlage für eingehendes Studium der gesamten Hydrobiologie.

Dr. A. Steuer, Planktonkunde.

Dieses in jeder Beziehung umfassende Werk, das systematische Kenntnisse voraussetzt, behandelt auf 723 Druckseiten, in welche 365 Abbildungen und 1 Tafel eingestreut sind, alles, was auf das Plankton Bezug hat, in rein wissenschaftlicher Form. Hauptsächlich ist das Meeresplankton behandelt.

Prof. Dr. K. Lampert, Das Leben der Binnengewässer.

In diesem ausführlichen Werk, dessen neueste Auflage (1910) auf 856 Druckseiten, 17 Tafeln und 279 Abbildungen im Text enthält, bietet in vorzüglicher gemeinverständlicher Darstellung wohl alles Wissenswerte auf dem Gebiete des Planktons und der gesamten Hydrobiologie.

Schoenichen-Kalberlah: B. Eyferths Einfachste Lebensformen des Tier- und Pflanzenreiches.

Ein Bestimmungswerk mit biologischen Ein-

führungen in die einzelnen behandelten Gruppen. Es umfaßt die niederen Pflanzen und die Tiere bis zu den Rädertierchen inklusive aus See und Tümpel; leider fehlen damit die niederen Crustaceen, die allerdings nicht mehr zu den einfachsten Lebensformen zählen. Die 16 Tafeln bieten gute Grundlage für die Bestimmung.

Prof. Dr. A. Seligo, Tiere und Pflanzen des Seeplanktons.

Ein kleines Bestimmungswerk, das zur Erlangung der ersten Formenkenntnis dienlich ist. Es enthält bei den einzelnen Gruppen auch biologische Skizzen.

Prof. Dr. O. Zacharias, Das Süßwasser-Plankton. Bändchen 156 der Sammlung: Aus Natur und Geisteswelt.

Ein kleines Werkchen, das in einigem als Ergänzung des vorliegenden Bändchens dienen kann.

Fernerhin bietet die Zeitschrift der Deutschen mikrologischen Gesellschaft „Die Kleinwelt" in Aufsätzen und Bestimmungsschlüsseln wertvolle Ergänzungen. Es seien erwähnt: Jahrgang 1, Heft 2: L. Kaeppel, Der Hüpferling und seine Verwandtschaft. Heft 4: Francé, Die Fortpflanzungsverhältnisse unserer einheimischen Copepoden. Heft 5: Das Plankton der Alpenseen von Dr. V. Brehm. Heft 7: Viets, Die Wassermilben in ihren Hauptvertretern. Heft 10: Dr. Langhans, Die Ergebnisse der Planktonfänge im Kochel- und Walchensee. Zwei Praktische Planktonnetze mit 2 Abb. Heft 11: Dr. V. Brehm, Ueber tropisches Süßwasserplankton. Aus dem laufenden Jahrgang 2, Heft 4: E. Penard, Die Wurzelfüßer des Süßwassers.

Dann wäre jedem Mikroskopiker zu empfehlen das: Jahrbuch für Mikroskopiker, das von der Deutschen mikrologischen Gesellschaft herausgegeben, den Mitgliedern unentgeltlich zugestellt wird und Nichtmitgliedern für 80 Pfennige zugänglich ist. Es ent-

hält neben wissenschaftlichen Abhandlungen Berichte über die Fortschritte der Mikrologie, Angabe von Präpariermethoden und die mikrologische Literatur des Jahres 1909. Bamberg.

Dann möchte ich noch ein Werkchen empfehlen, das in der Bibliothek keines angehenden Hydrobiologen fehlen soll:

R. H. Francé, Die Kleinwelt des Süßwassers. „Ein Lehr- und Lesebuch", wie es sich mit vollem Recht nennt. Es führt in Francés herrlicher Darstellungsweise in all die Schönheit dieser Formenwelt ein und bietet insbesondere eine Fülle von Anregungen zum Studium der Rädertiere und der Crustaceen. Auf 50 Tafeln bieten die 322 künstlerisch ausgeführten Figuren eine vorzügliche Einführung in die Formenkenntnis, deren Vertiefung durch beigefügte Bestimmungsschlüssel noch ermöglich ist. Außerdem enthält es ein ausführliches Literaturverzeichnis. Leipzig. Preis 2 Mark.

Ein ausführlicheres ungarisches Werk: J. Daday: A halak természetes tápláléka behandelt mehr die Tümpelwesen vom Standpunkt der Fischnahrung aus. Es ist reich und gut illustriert.

Sämtliche hier angeführten Werke sind zu beziehen durch **H. Hartleben, Buchhandlung, Wien,** I. Seilerstätte 19.

Alphabetisches Register.

* vor der Zahl bezeichnet die Seite der Abbildung.

Actinophrys 134.
Amöben 134, *135.
Anabaena 22, *62, *98, 101.
Anabiose 137.
Anisogameten 106.
Antheridium 107.
Anuraea acul. *10, 45, 161.
Anuraea cochl. *10, 45, 51, 161.
Aphanizomenon *98, 103.
Arcella 40, 134, *135.
Archegonium 107.
Asplanchna 40, *155.
Assimilation 105.
Asterionella 11, *43, 56, 123.
Attheya 44, *123.
Aufgußtierchen 135.
Auxosporenbildung 120.

Bacillariaceen 117.
Bakterien 95.
Bdelloida 153.
Benthos 31.
Biocönose 72.
Blaufärbung 17.
Blutseen 16.
Bosmina 176, *177, *180.
Botryococcus 15, 144.
Brachionus *151, 161.
Brehm, Viktor 16.
Brunnenkrebs 34.
Bythotrephes *179.

Campylodiscus 125.
Carchesium 21, *145.
Carotinfärbung 17.
Centropagiden 180.
Cephalothorax 181.
Ceratium 9, 50, 57, *127.
Ceriodaphnia *53, *175, 176.
Chlorophyceen 107.
Chodatella 113.
Chromatophor 105.
Chroococcus *98, 99.
Chydorus 177, *178.
Ciliaten 135.
Cingalum 149.
Cladoceren 166
Clathrocystis *98, 99.
Closterium 117.
Coccogoneen 97.
Codonella 146.
Coelosphaerium *98, 99.
Colacium 132.
Coleps 142.
Conochilus 39, *154.
Cothurnia 145.
Cyclops 17, *31, *187.
Cyclotella 43, *98, 122.
Cymatopleura 125.
Cyste 59.
Cytopyge 139.
Cytostom 139.

Daphnia 11, 14, *168, *170, *175.
Diaphanosoma 172, *173.

39676

Diaptomus 17, *189, *188.
Diastole 110.
Diatomeen 117.
Diatomin 118.
Dictyosphaerium *98, 114.
Difflugia 40, 134.
Dinobryon 129, *131.
Dinoflagellaten 125.
Diplosiga 44, 131.
Diplosigopsis 131.

Ehrenberg 140.
Eichhorn 149.
Entomostraken 165.
Ephippium 61.
Epistylis 21, 145
Eudorina 39, *98.
Euglena 16.
Euphyceen 105.
Eurytemora 188, *189.
Eyferth 121, 153.

Färbung des Planktons 15.
Flagellaten 128.
Flohkrebschen 47.
Floscularia *155.
Forel 81.
Fortpflanzung der Rädertiere 60.
Fortpflanzung der Cladoceren 61.
Fragilaria *98, 124.

Gallerte 20, 38
Gameten 106.
Glenodinium 128.
Glockentierchen 143.
Gloeotrichia *103.
Gomphonema 20.
Grünalgen 107.
Gymnodinium 127.

Heliozoen 134.
Heterocope *189.
Heterotrichen 142.
Holopedium 173.
Holotrichen 142.
Hormogoneen 97.
Hornzellchen 9, 44.
Hüpferlinge 47.
Hyalodaphnia *52.
Hydrodictyonaceen 114.
Hypotrichen 142.

Illoricata 153, 155
Infusorien 135.
Infusion 136.
Isogameten 106.

Jochalgen 116.

Kieselalgen 117.
Kieselgur 121.
Klebedrüsen 23.
Konjugaten 116.
Konjugation 59, 107, 141.
Kopepoden 181.
Kugeltierchen 38, 108.

Lamperl 81.
Leptodora 14, 179, *180.
Leydig 179.
Loricata 153.

Makrogameten 106.
Makronukleus 141.
Malakostraken 165.
Mallomonas 131.
Mastax 150.
Mastigocerca 159.
Mastigophoren 128.
Melicertiden 154.
Melosira *98, 121, 122.
Merismopedia 100
Migula 121.
Mikrogameten 106.
Mikronukleus 141.

Nagelalge 20.
Nahrungsvakuole 133, 139.
Nauplius *186.

Navicula 118, *119.
Nekton 25.
Niphargus 34.
Noteus *160.
Notholca *10, 30, 44, 162.

Oberflächenspannung 9.
Ösophagus 151.
Oocystis 113.
Oogonium 107.
Oscillatoria 100.

Pandorina 39. *98.
Pantoffeltierchen 140.
Paramaecium 140, 142.
Parthenogonidien 110.
Pauly 35.
Pedalion *158, 163.
Pediastrum 114, *115.
Pelagischer Auftrieb 25.
Pellicula 138.
Pelzmonade 130.
Penard 134.
Peridinium 127.
Peritrichen 142.
Philodina 155.
Phytochrom 96.
Phytoplankton 15, 95.
Planktonfresser 81.
Ploima 153, 155.
Polyarthra 157, *158,
Polyphemus 178, *180.
Protococcaceen 114.
Pseudopneuston 63.
Pseudopodien 133.

Quadrula 134, *135.

Räderapparat 148.
Rädertierchen 147.
Rhaphidiophrys 135.
Richteriella *98, 114.
Rhizopoden 134.
Rhizosolenia 44, *123.
Rhizota 153.
Rosenkranzalge 22.
Rotatorien 147.
Ruderfühler 47.
Ruderfüßer 180.
Ruttner 66.

Saisondimorphismus 49.
Sarkodinen 132.
Sauginfusorien 142.
Scenedesmus *98, 113.
Scheffel 63.
Scheibenform 42, 46.
Scheinfüßchen 133.
Schizocerca 159, * 60.
Schizophyten 95.
Schlammbewohner 33.
Schließnetz 64.
Schmuckfarbe 17.
Schwärmer 106.
Schwebeanpassungen 36.
Schwebeorganismen 20.
Schwingfäden 100.
Scirtopoda 153.
Seligo 115.
Sonnentierchen 134.
Spaltalgen 95, *98.
Spermatozoid 106.
Sporenbildung 97.
Sprungschicht 26.
Staurastrum *98, 116
Stephanodisius *98, 122.
Sternchenalge 11, 56.
Steuer 16.
Stutzrädchen 51.
Symbiose 143.
Synchaeta *156.
Synedra *45, 124.
Synura 131.
Systematik der Crustaceen 167.
Systole 140.

Tabellaria *98, 123.
Tegernsee 16, 58.
Testaceen 134.
Thriarthra 157, *158.
Tintinnidium 146.
Trichodina 146.
Trochus 149.

Vakuolenbildung 40.
Vertikalwanderung 64.
Volvox 38, *109, 111.
Vorticellinen 143.

Wasserblüte *62.
Wasserfloh 11, 19.
Wassernetz 114.
Wesenberg-Lund 104.
Wimpertierchen 135.
Wurzelfüßler 134.

Xanthophyll 41, 105, 118.

Zacharias 66, 81. 104.
Zackenrädchen 114.
Zoochlorelle 143.
Zooplankton 15, 132.
Zygospore 106, 107.

Naturwissenschaftl. Taschenbibliothek.

Bisher erschienen:

1. Bändchen.

Telluria. Aufzeichnungen eines Naturfreundes. Von A. v. Schweiger-Lerchenfeld. Mit 80 Abbildungen und vielen Ziervignetten.

2. Bändchen.

Der Amateurastronom. Von Gideon Riegler. Mit 112 Abbildungen.

3. Bändchen.

Die Photographie im Dienste wissenschaftlicher Forschung. Von Professor Dr. Curt Schmidt. Mit 81 Abbildungen.

4. Bändchen.

Das Mikroskop. Von M. A. v. Lüttgendorff. Mit 78 Abbildungen.

5. Bändchen.

Der Hausgarten als naturwissenschaftliches Praktikum. Von W. Henz. Mit 66 Abbildungen.

6. Bändchen.

Abriss über die Luftschiffahrt und Flugtechnik. Von Oberstleutnant Hermann Hoernes. Mit 55 Abbildungen.

7. Bändchen:

Das Plankton unserer Seen. Von Hans Ammann. Mit 36 Abbildungen.

Preis eines jeden Bändchens in Leinen mit Deckenpressung gebunden K 2.20 = M. 2.—.

A. Hartleben's Verlag, Wien u. Leipzig.